矿石选冶试验

选　矿

【矿产综合利用】 multipurpose utilization of mineral resources 采用一定的技术工艺或方法，最充分地提取矿产中的有用组分和最大限度地利用由其产生的废渣、废液、废气等，以获得多种符合工业要求产品的系统工程。资源综合利用是中国社会主义建设中的一项重要经济技术政策，而矿产综合利用则是其重要组成部分。可由此变"废"为宝，化害为利，使矿产得到充分、合理的开发与利用，是矿山保护、防止环境污染、增加生产、降低成本以及提高产品质量的重要途径。随着科学技术日益发展，矿产资源的综合利用范围正在不断扩大，方法和工艺也是多方面的，应视矿产的具体情况而定，但主要还是通过选矿和冶金的过程来实现。在地质工作中，实行综合找矿、综合评价，是做好矿产资源综合利用的首要环节，也是科学地进行矿产普查勘探的方向。

【选矿】 beneficiation, ore-dressing 从矿石中将有用矿物分离的过程。根据矿石的矿物性质，主要是不同矿物的物理、化学或物理化学性质，采用不同方法，将有用矿物与脉石矿物分开，并使各种共生的有用矿物尽可能相互分离，除去或降低有害杂质，以获得冶炼或其他工业所需原料的目的。它是介于采矿和冶炼（或其他加工工业）之间的工艺过程，是充分、合理地利用矿产资源的一个重要环节。经过选矿，可以得到品位较高的精矿，不仅使许多贫矿或低品位矿石得到充分利用，而且还能大大提高有用组分的回收率，减少不必要的燃料消耗和运输、加工费用。近代的主要选矿方法有重选法、浮选法、磁选法、电选法、化学选矿法等。通常整个选矿过程包括破碎、磨矿、选分、产品脱水等环节。在矿床勘探中需根据勘探程度的要求和矿石的性质，进行不同规模的选矿试验，为矿床评价或建厂设计提供依据。

【选矿厂】 beneficiation plant, concentrator, dressing plant, mill 又称选厂。矿山企业的一个主要生产单位和重要组成部分，专门利用各种选矿方法和工艺流程，从原矿中获取品位较高的精矿（俗称精粉）之工厂。选矿厂除包括选矿前矿物原料准备、筛分以及选后的产品处理这三种主要作业及设备外，还设置有矿石储场（兼作混合矿石用）矿仓、作业间产品的运输（皮带运输、矿浆泵送）、给矿机、浮选车间的配药室及给药机、取样机、检测仪表，选矿过程的自动控制设施，安装于运输皮带上的取出泵矿时混入矿石中的铁件的悬吊电磁吸铁器，称量矿石处理量及精矿计量皮带秤，供水、供电、维修等的辅助作业及设施。选矿厂常设在矿山附近，以减少原矿的运输费用，建筑在一定坡度的斜坡上，以资利用物料的重力作用自流输送。

【矿石物质组成研究】 ore composition research 研究矿石的化学组成和矿物组成的工作。通常可分为元素分析法和矿物分析法两大类。在实际工作中经常借助于粒度分析（筛析、水析）、重选（摇床、溜槽、淘沙盘、重液分离、离心分离等）、浮选、电磁分离、静电分离、手选等方法预先将物料分类，再进行分析研究。

【矿石工艺类型】 technological type of ore 在地质勘探时期所划分的矿石自然类型的基础上，根据矿石加工的要求而划分的矿石类型。划分的依据有：有用矿物与脉石矿物的成分和含量；矿石的结构、构造及氧化程度；以及矿石的可选性试验或其他加工技术试验结果等。

【破碎】 crushing, size reduction 矿石或物料变为小块，以满足使用部门或下一工序对产品粒度要求所采用的作业。它常是选矿、冶金、化工、建筑材料等生产过程的准备作业。破碎是对样品加工的工序之一，按破碎的粒度要求可分为粗碎、中碎和细碎。

【破碎方法】 crushing method 破碎力对待破碎物料的作用方式。岩矿的破碎几乎都采用机械破碎法，破碎机械的施力方式包括压碎、劈开、折断、磨剥及冲击等。对于硬矿石，应当用弯折配合冲击来破碎；对于脆性矿石，弯折和劈开较为有利；而对韧性及黏性较大的矿石，则用磨剥方式为好。破碎机中以压碎为主，配合以弯折；磨矿机以冲击加磨剥为主。

【破碎比】 reduction ratio, ratio of crushing 反映矿石或岩石破碎难易程度的物理量。是以破碎前矿块或岩块的平均直径与破碎后矿块或岩块的平均直径之比，或以矿块或岩块破碎前的最大直径与破碎后的最大直径之比表示之。用符号 i 表示。各阶段破碎比的乘积，称**总破碎比**（total reduction ratio），即

$$i_{总} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$$

破碎比是评价矿石或岩石的物理机械性能，为矿山开采设计时选择破碎机类型，确定选矿工艺流程提供资料依据。

【极限破碎比】 limiting reduction ratio 用物料破碎前后的最大粒度（$D_{最大}$ 与 $d_{最小}$）确定的破碎比（i）

$$i = \frac{D_{最大}}{d_{最小}}$$

最大粒度分别由原料及产品中 95% 或 80% 物料过筛的正方形筛孔表示，中国习惯用 95% 过筛计算最大粒度。此种计算方法在设计中常被采用，根据最大块的直径选择破碎机给矿口的宽度。

【真实破碎比】 actual reduction ratio 用原料平均粒度（$D_{平均}$）及产品平均粒度（$d_{平均}$）来确定的破碎比（i）

$$i = \frac{D_{平均}}{d_{平均}}$$

所用的平均粒度是各级别的统计平均值，较真实地反映了破碎程度，在科研和理论研究中常采用。

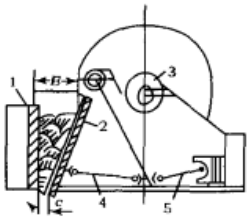
【名义破碎比】 nominal reduction ratio 用破碎机给矿口的有效宽度 $0.85B$（B 为给矿口宽度）与排矿口宽度 S 来确定的破碎比 i（$i = 0.85B/S$）。给入碎矿机的最大块直径应比给矿口宽度 B 小 15% 才能被破碎机钳住。此种计算法在生产上常用于近似地计算破碎机的负荷。

【破碎效率】 crushing efficieney 反映岩矿石破碎的单位生产率。采用每千瓦·时电能所处理的破碎产物吨数表示。

【破碎机械】 crushing machinery 选矿厂用于破碎矿石的机

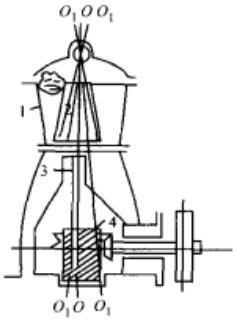
械。粗碎主要采用颚式破碎机或旋回破碎机;中碎采用标准圆锥或中型圆锥破碎机;细碎采用短头圆锥破碎机(小厂细碎还采用颚式破碎机或对辊破碎机)。破碎机的型号和规格主要根据所处理的矿石性质、选厂规模及厂址地形等条件,综合比较确定。

【颚式破碎机】 jaw crusher 又称**虎口破碎机**。由于破碎机在形状和运动方式上类似于动物的颚,故称。颚式破碎机又分为简单摆动式(见图)和复杂摆动式颚式破碎机。其规格用给矿口宽度 B 与长度 L 表示,给矿口宽度大于600毫米者为大型,300~600毫米者为中型,小于300毫米者为小型颚式破碎机。破碎原理:当偏心轴旋转时,垂直连杆即作向上向下运动,当垂直连杆向上运动时,带动两块肘板逐渐伸平,前肘板迫使可动颚板向固定颚板推进,破碎腔(由固定颚板和可动颚板组成的空间)中的矿石受到挤压作用而破碎。连杆向下运动,肘板和可动颚板借弹簧和拉杆之力向后退,此时排矿口增大,已碎矿石由此排出。颚式破碎机可用作粗、中碎设备。



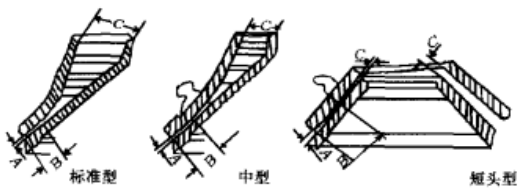
简单摆动式颚式破碎机
1.固定颚板;2.可动颚板;3.偏心轴;4.前肘板;5.后肘板

【旋回破碎机】 gyratory crusher 工作时其可动锥体绕中心轴作旋回运动,从而挤压矿石的破碎机。由于它主要用于粗碎作业,又称粗碎圆锥破碎机。其规格以给矿口的宽度 B 表示,工作部分由动锥与定锥之间构成(见图)。动锥的运动既有公转也有自转。动锥在破碎腔内沿定锥的周边滚动,当靠近定锥时进行碎矿,与之相对的一边则排矿。破碎及排矿是连续进行的。旋回破碎机生产率大,电能消耗小并可挤满给矿,但构造复杂、设备费用大,一般大型选矿厂采用;中小型选矿厂,尤其是处理黏性物料时,宜选用颚式破碎机。通常对破碎机的选择需经计算及技术经济比较后,才能确定。



旋回破碎机示意图
1.固定圆锥;2.活动圆锥;3.主轴;4.偏心套筒

【圆锥破碎机】 cone crusher 起破碎作用的部分是由可动的截头圆锥和固定的截头圆锥所组成,故称。中碎采用标准圆锥破碎机;细碎采用短头圆锥破碎机。它们的碎矿作用与旋回破碎机基本相同,均用可动圆锥与不动圆锥之间的工作面进行碎矿。细碎与中碎圆锥破碎机(见图)的构造基本相同,其区别仅在于动锥与不动锥的形状不同,前者的动锥与不动锥都较短,而用两锥之间的平行带比较长,给矿口与排矿口比较小,可得到较细的产品(5~10毫米)。



中细碎圆锥破碎机的破碎腔型式
A.排矿口宽度;B.平行带长度;C.给矿口宽度

【啮角】 nip angle 钳住矿石时可动颚板与固定颚板之间的夹角。设计颚式破碎机的啮角通常为20°~24°,啮角过小,起不到破碎作用;过大则会将矿石推出破碎腔,不能实现破碎。

【可碎性系数】 crushability coefficient 选矿工艺上用以定量地考查岩矿机械强度对破碎的影响指标。常用相对单位来表示矿石的可碎性及可磨性,即

$$\text{可碎性系数} = \frac{\text{该破碎机在同样条件下破碎指定矿石的生产率}}{\text{某破碎机破碎中硬矿石的生产率}}$$

用石英代表中等硬度矿石,它的可碎性系数取其1。矿石硬度大,可碎性系数小于1,表示破碎机处理它的生产率比中硬矿石的低。反之,软矿石的可碎性系数大于1,表示破碎机处理它的生产率比处理中硬矿石的高。

【筛分】 screening 按所要求的颗粒大小,用不同大小筛孔的筛子,将未经加工的矿石或破碎后的产品进行分级的作业。分为干式筛分和湿式筛分,常与破碎作业相配合,以保证破碎后的产品适合于一定的粒度要求。在煤炭、建筑、化工、筑路等部门,筛分常作为生产的一个重要组成部分,在选矿工艺中,筛分的目的是为下一步选矿作业提供各种粒级的物料。在煤、建筑材料(砂、砾)、铸砂等矿产的勘探和评价时,筛分是研究矿产的技术性质和确定工业用途的一种方法。

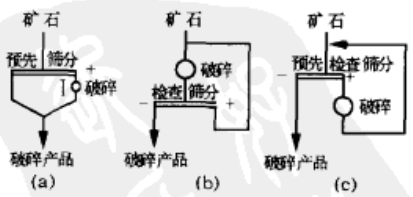
【独立筛分】 separate screening 为得到适合于用户要求的最终产品而专门进行的筛分。如黑色冶金工业常把含铁较高的富铁矿筛分成不同的粒级,合格的大块铁矿石进入高炉冶炼,粉矿则经团矿或烧结制块入炉。

【准备筛分】 preliminary screening 为选别提供不同粒级的入选物料时进行的筛分。其目的是为下一作业作准备,如重选及磁选前物料的筛分分级。

【选择筛分】 selection screening 若物料中有用成分在各个粒级的分布差别很大,则可经筛分分级得到质量不同的粒级,把低质量的粒级筛除,从而相应提高物料品位的一种筛分。不少铁选矿厂铁精矿再磨循环中的细粒筛分就起选择筛分作用,用细筛提高铁精矿品位。

【脱水筛分】 dewatering screening 脱除物料水分的筛分。一般在洗煤厂较常见,物料含水、含泥较高时,也用筛分进行脱泥。

【辅助筛分】 auxiliary screening 在选矿厂的破碎作业中对破碎作业起辅助作用之筛分。一般分为三种:①预先筛分,即对破碎前的物料进行筛分,预先筛出小于破碎机排矿粒度的部分,以便减少设备负荷,提高破碎机的处理能力(图a)。②检查筛分是对破碎后的产品进行筛分,筛出粒度合格的筛下产物,为下一道工序——磨矿提供原料,不合格的筛上产物返回破碎机再次进行破碎,以保证产品粒度(图b)。通常把具有这种筛分形式的碎矿称**闭路碎矿**,否则称为**开路碎矿**。闭路碎矿仅适用于最后一段碎矿。③预先检查筛分是兼有预先筛分和检查筛分两种作用的筛分(图c)。带有预先检查筛分的碎矿也是闭路碎矿。



辅助筛分

【筛分效率】 screening efficiency 实际得到的筛下物质量占入筛原料中小于筛孔的物料质量之比。若用 Q 表示原料质量;

α 表示原料中小于筛孔级别的含量(%)；c 表示筛下物质量；则筛分效率定义式为

$$E = \frac{c}{Q\alpha} \times 100\%$$

但在实际生产中，原料和筛下产物质量的测量十分困难，因此将上式变换成

$$E = \frac{\beta(\alpha - \theta)}{\alpha(\beta - \theta)} \times 100\%$$

式中：α 表示入筛原料中小于筛孔的物料的含量(%)；β 表示筛下物料中小于筛孔的物料的含量(%)；θ 表示筛上物料中小于筛孔的物料的含量(%)。E 值越高反映筛分过程愈完全。

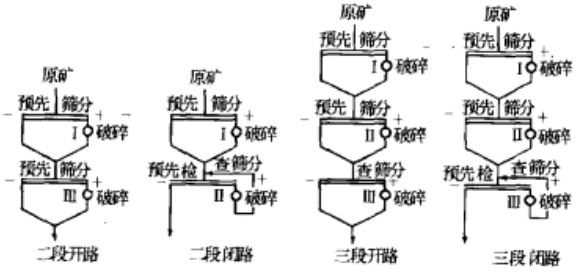
【部分筛分效率】 part-screening efficiency　筛下产品中某一级别颗粒的质量与原料中同一级别的颗粒的质量之比的百分数。即

$$E_{部分} = \frac{\beta(\alpha - \theta)}{\alpha(\beta - \theta)} \times 100\%$$

式中：α 为原料中小于要测定级别的粒子含量(%)；β 为筛下产品中小于要测定级别的粒子含量(%)；θ 为筛上产品中小于要测定级别的粒子含量(%)。部分筛分效率与总筛分效率的关系很大，细粒级的筛分效率总是大于总筛分效率，且级别越细，部分筛分效率越高；难筛颗粒的部分筛分效率恒小于总筛分效率。

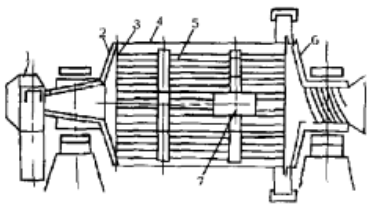
【筛分机械】 screening machinery　破碎筛分车间的主要机械设备之一。筛分机械种类很多，在选矿厂较为常用的有固定筛、振动筛、滚筒筛、平面摇动筛等，其中以振动筛和固定筛两类应用最为广泛。振动筛在振动器作用下，筛体做低振幅、高振次的强烈振动，使物料以一定速度向排料端移动，而得到筛分。振动筛有较高的生产率和筛分效率，筛分效率可达 80% ~ 90%。广泛用于粗、中、细粒物料的筛分，还可用于脱水、脱泥及脱介等。筛孔大到 150 毫米，小至 0.25 ~ 0.5 毫米。振动筛包括惯性振动筛、偏心振动筛、自定中心振动筛，以自定中心振动筛应用最广。固定筛是用固定的钢条或钢棒构成筛面完成筛分的。选矿流程中常在粗、中碎前作预先筛分。固定筛不耗动力，但筛分效率较低。

【破碎筛分流程】 crushing and screening process　由破碎机和筛分机组成的破碎工序。选厂多采用二段或三段破碎筛分流程。主要有二段开路、二段闭路、三段开路、三段闭路，破碎筛分流程(见图)。二段开路破碎流程优点是较经济，缺点是难保产品粒度。二段闭路破碎流程能保证产品粒度要求，但碎矿成本高。小型选厂常采用二段破碎流程。大中型选厂常采用三段破碎流程，尤其是三段闭路流程。



【磨矿】 grinding　在机械设备中，借助于介质(钢球、钢棒、砾石)和矿石本身的冲击和磨剥作用，使矿石的粒度进一步变小，直至研磨成粉末的作业。目的是使组成矿石的有用矿物与脉石矿物达到最大限度的解离，以提供粒度上符合下一选矿工序要求的物料。磨矿可分为有介质磨矿和无介质磨矿(自磨)以及干式磨矿、湿式磨矿。磨矿产品经分级后，不合格部分返回原磨机的，称闭路磨矿；如不返回原磨机或由另一台磨机处理者，称开路磨矿。磨矿是选矿厂中一个极重要的作业，磨矿产品质量的好坏直接影响选别指标的高低。磨碎过程是选厂中动力消耗、金属材料消耗最大的作业，所用的设备投资也占有很高的密度。因此，改善磨矿作业和提高磨矿作业指标对选厂具有重大意义，也是选矿技术发展的重要方向之一。

【磨矿机械】 grinding machinery　用以完成磨矿作业的机械。按磨矿介质的不同分为球磨机、棒磨机、砾磨机、矿石自磨机等，用得最多的是球磨机和棒磨机，球磨机的磨矿介质为钢球或铁球。球磨机又分为溢流型球磨机(见图)和格子型球磨机。溢流型球磨机排矿端矿轴直径比给矿端中空轴颈的直径大，形成磨机内给矿端与排矿端的矿浆面有一个高差，促使矿浆从排矿端自动溢流出去。与格子型球磨机相比，溢流型生产率小，磨矿效率低，但其构造简单，能产出较细的产品，仍用于第三段磨矿上；格子型球磨机的排矿端有格子板强制排矿，磨机内储存的矿浆少，已磨细的矿粒能及时排出，所以格子型球磨机生产率高，产品粒度粗，用于两段磨矿的第一段。棒磨机的构造与溢流型球磨机大致相同，惟磨机内装的磨矿介质是一些长圆钢棒，棒比筒体短 25 ~ 50 毫米，磨机一般较长。端盖曲率较小，内铺平滑衬板，主要保证钢棒顺利运动而不易乱棒。棒磨机可选择性地破碎，减少矿石的过粉碎，其产品粒度均匀，生产率大，在易泥化矿的磨矿及建筑材料的磨矿中使用较多。



溢流型球磨机示意图
1.联合给矿器；2.给矿端盖；3.端盖衬板；4.筒体；5.衬板；6.排矿端盖；7.人孔

【自磨】 autogenous grinding　在自磨机中不另外加入磨矿介质，而靠矿石本身的相互冲击、磨剥而使矿石磨碎的过程。是将块度很大(一般最大块度可达 300 ~ 500 毫米)的矿石直接给入磨机中，当磨机运转时，自磨机内的矿石彼此强烈地冲击研磨，从而将矿石粉碎。自磨又可分为干式自磨和湿式自磨。其结构特点是：筒体直径大、长度短，像扁平的圆鼓；中空轴颈的直径大、长度短，适合给矿块度大的需要。

【磨矿机临界转速】 critical rotational speed of grinder　球磨机中最外层的磨矿介质开始随筒体一起旋转而不能脱落时的转速。它与球磨机的直径有关，计算公式如下：

$$n_0 = \frac{42.4}{\sqrt{D}}$$

式中：n_0 为磨矿机的临界转速(转/分)；D 为磨矿机的直径(米)。

【磨机运转率】 availability of mill　磨机实际工作时数占日历总时数的百分数。即

$$磨机运转率 = \frac{磨机实际运转总时间(时)}{日历总时间(时)} \times 100\%$$

全厂磨机运转率按所有磨机的总平均计算，停止给矿的空转也按运转计算。磨机运转率一般每月计算一次，运转率的高低在很大程度上反映生产管理水平。

【磨机生产率】 productivity of mill　又称**磨机利用系数、比生产率**。即磨机的磨碎矿石的能力。常用两种表示方法：①以单位时间内给入磨机的原矿吨数计的生产率 Q(吨/时)；②以单位时间内单位磨机容积所获得的新生 200 目级别数量表示的生产率 q(吨/米^3·时)。

【磨矿效率】 grinding efficiency　每消耗 1 千瓦·时电能所处

理的矿量，亦即磨机的单位生产率。可表示为：每1千瓦·时电能所获得的指定级别（通常为200目）产品的吨数，单位功耗生产率能较真实地从耗能上反映磨机的工作情况，故设计时常用它计算和选择磨矿设备。

【磨机技术效率】 grinding technical efficieney 磨碎所得的合格粒级产品质量与原矿中所含大于合格粒级质量之比。磨矿的目的是使矿石磨到选别要求的粒度，达不到规定的粒级称"磨不细"，而磨到选别难于回收的粒级则称"过粉碎"。磨机技术效率可从产品粒度上反映磨矿目的实现的程度。

【磨矿循环负荷】 grinding circulating load 又称**返砂比**（regrinding return ratio）。在闭路磨矿中，从分级机返回到磨矿机再磨的粗粒物料，叫**返砂**（regrinding return）。返砂的质量与磨矿机原给矿的质量百分比称为磨矿循环负荷。

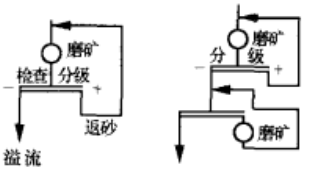
【磨矿细度】 size of ground product 磨矿产品的粗细程度。一般以小于200目（小于0.074毫米）矿粒的质量分数（%）表示。不同矿石有不同磨矿细度要求。适宜的磨矿细度，一般应根据矿石的嵌布特性，经试验确定或通过生产实践加以验证。

【磨矿浓度】 grinding density 矿浆中所含固体物料质量的百分数。它不仅影响磨机生产能力、产品质量、电耗，而且影响分级机溢流粒度，从而影响选矿效果。适宜的磨矿浓度，由试验确定。实践中粗磨（产品粒度0.15毫米以上）或磨相对密度较大的矿石时，磨矿浓度一般为75%～85%；细磨（产品粒度小于0.15毫米）或磨相对密度小的矿石时，磨矿浓度一般为65%～75%。

【介质充填率】 medium change ratio 磨矿介质占磨机容积的百分数。它与磨机转速关系较大，影响介质的胀动状态。最适宜的介质充填率，应在一定转速下使机械能达到最大。介质充填率应据试验确定。运行中为保持适宜的介质配比和充填率，应定期补加介质。

【选择性磨碎】 grinding selective 矿石中各种矿物表现出不同磨碎速度的现象。矿石中不少金属矿物均有一定脆性，在磨矿过程中容易优先粉碎而在细级别富集。若对磨矿产品实施筛分作业，则可得到金属矿物含量高的筛下产品及脉石成分高的筛上物。各国铁矿选厂广泛采用细筛处理铁粗精矿的磨矿产品，以得到品位高的铁精矿（筛下物）及硅质石英含量高的筛上物。其原理即利用粗精矿中磁铁矿较石英脆而易碎及石英韧性大而难磨碎的选择性磨碎性能。

【磨矿分级流程】 grinding and classifying process 由磨矿机与分级机组成的磨矿工序（见图）。一般选厂和磁选厂基本上都采用闭路磨矿流程，常用一段或二段闭路磨矿流程。



常见磨矿流程图

【分级】 classification 利用不同粒度或相对密度的颗粒在介质（水或空气）中沉降速度的差异，将其分为不同粒度级别的作业。常用于处理细粒物料，以获得符合加工或选矿时对物料要求的产品。分级的方法有机械分级和水力分级两种。常用的机械分级机是螺旋分级机，水力分级设备是水力旋流器。

【分级效率】 classification efficiency 分级机溢流中某一粒度级别的质量占分级时给矿中同一粒级质量的百分数。其计算公式为

$$E = \frac{\beta(\alpha - \theta)}{\alpha(\beta - \theta)} \times 100\%$$

式中：E 为分级效率（%）；α、β、θ 分别表示给矿、溢流、返砂中某一级别质量的百分数。分级效率常用来评定分级过程的精确程度。

【网目】 mesh 筛子在单位长度内所具有的筛孔数目，用以表示筛孔的大小。如常用的泰勒标准筛，其200网目即1英寸的筛网长度内有200个筛孔，称200号筛。由于各种标准筛的制作材料和技术规格不同，网目相等而标准不同的筛子之筛孔大小也不一致。

【粒度】 grain size, particle size 组成矿石、岩石、土壤的矿物或颗粒的大小的度量。常指矿物或颗粒的直径（毫米、微米）大小或以95%的物料所通过的筛孔尺寸（毫米或网目）表示，在研究矿产、岩石、土壤的生成条件和物质来源及其水文地质、工程地质条件时，或在划分矿产的品级，确定使用范围及加工技术性能时，粒度都是一项必要的研究内容。某些工业部门，有时把矿石的块度也称粒度。

【单体解离】 liberation, mineral liberation 通过破碎、研磨或其他方法，对矿石中紧密共生的有用矿物和脉石矿物的连生体进行破坏，使之各自形成单一性质的矿粒称谓。为矿物分离或选矿作业提供条件。

【单体解离度】 degree of mineral liberation 又称**单体分离度**。指有用矿物解离成单体数量（f）及 f 加上同脉石矿物连生的有用矿物数量（Σf_i）之和的百分比，用下式表示：

$$F = \frac{f}{f + \Sigma f_i} \times 100\%$$

测定步骤如下：①采取已破碎或磨矿产物的代表性试样；②过筛分级；③称重；④从每一粒级中缩分出一定量样品，根据需要磨制成光片、薄片、油浸薄片或者直接在实体镜下测量；⑤在显微镜下测定每种矿物单体颗粒和各种不同比率（如1/2、1/4、1/6、1/8等）的连生体颗粒数量。

【粒级】 grade, size fraction 用某种分级方法（如筛分）将粒度范围宽的矿粒群分成粒度范围窄的若干级别，这些级别称为粒级。粒级通常以它的上限尺寸（d_1）及下限尺寸（d_2）表示，如 $d_1 \sim d_2$，$d_1 + d_2$ 或 $d_2 - d_1$。

【嵌布粒度特性】 embedded size characteristic 矿石中矿物颗粒的粒度分布特性。矿石中有用矿物颗粒的粒度和粒度分布特性决定选矿方法和选矿流程的选择。

【粒度分析】 particle-size analysis, grain-size analysis 又称**颗粒分析**（grain analysis）、机械分析。一种研究粒状物质的颗粒大小及粒度组成的方法。广泛应用于碎屑岩、松散沉积物以及粘土岩和碳酸盐岩的不溶残余部分的研究。在进行矿石可选性研究时，常需借助粒度分析了解矿石和选矿产品的粒度组成及有用矿物在各粒度级别中的分布规律，查明有用矿物与脉石矿物单体解离的粒度界限，为确定磨矿和选别的合理粒度提供依据。常用的粒度分析方法有筛析法、水析法及显微镜测定法。

【筛析】 screen analysis 全称**筛分分析**。按颗粒大小将物料进行分级的一种粒度分析方法。主要用于颗粒较粗物料的粒度分析。筛析时，将物料置于筛孔尺寸递减的一套标准筛上面，震动一定时间后，留在各个筛子上的物料，即为此筛号所分出的粒级，以占总质量的百分比表示。地质工作中，筛析常用于研究碎屑岩、松散沉积物等的粒度组成；选矿中，用于对原矿或碎矿、磨矿及选矿产品的粒度分析。

【水析】 hydraulic analysis 根据不同粗细的颗粒在流水或静水中的沉降速度差异，对物料进行分组的一种粒度分析方法。主要适用于细粒物料（小于0.074毫米）的粒度分析。用以研究碎屑岩、松散沉积物的粒度组成和矿石的可选性。常用的水析

法有重力沉降法、上升水流法和离心沉降法三种。

【沉降分析】 settling analysis, sedimentation analysis 又称**重力沉降法**。测定细粒物料粒度的常用方法。其原理是通过测定粒子在适当介质中的沉降速度计算颗粒的尺寸。测定范围 0.02～250 微米。其沉降方法有液体沉降和气体沉降,静态沉降和动态沉降等。

【连续水析仪】 cyclosizer, continuous hydraulic classifier 根据矿粒在水介质中自由沉降的规律,利用相同的上升水量,能在不同直径的分级管中产生不同的沉降速度,分成若干级别的仪器。每一个级别的产品,均由沉降速度相等的粒群组成。

【显微镜粒度分析法】 microscopic sizing 用显微镜直接测定颗粒尺寸和形状,用于检查选别产品或校正水析结果以及研究矿石的结构构造的方法。适于分析微细物料,最佳测量范围为 0.5～20 微米之间。

【超声波微型分析筛】 ultrasonic fine screener 用光电技术制造的微孔分析筛。可筛分到 5 微米。筛孔有 25、20、15、10、5 微米五种,系在液体中的超声波作用下进行,故称。

【分选】 separation 又称**选分**、**选别**。用一定的选矿方法,使矿石(或经过破碎、磨矿之后的矿粒)中的有用矿物与脉石矿物及不同的有用矿物彼此分离,并使之分别富集的作业。分选后的产品有精矿和尾矿或精矿、中矿和尾矿。

【原矿】 crude ore, raw ore, head feed 采出而未经选矿或其他加工过程的矿石。在煤矿中称原煤。除少数原矿可直接应用外,大都需经选矿或加工后才能利用。在选矿中,习惯上还把进入某一选矿作业的原料也称原矿。原矿中有用组分的质量分数,称原矿品位。金、银、铂族元素的矿石品位用克/吨表示。

【矿泥】 slime 一般指小于 5～10 微米的矿粒。按其来源可将矿泥分为两种:矿石在磨矿、碎矿过程中产生的矿泥称之为**次生矿泥**;在矿床内部由于地质作用产生的矿泥称**原生矿泥**。矿泥越多对浮选的有害影响越大,最根本的办法是尽量防止次生矿泥的产生。

【精矿】 concentrate 选矿中分选作业的产品之一,指产品中有用成分含量最高的部分。有用成分和杂质的含量均符合工业要求者称最终精矿。是选矿厂的最终产品。

【精矿品位】 concentrate grade 精矿中主要有用组分的含量。精矿品位以质量分数(如铜、铅、锌等)表示(单位有%、克/吨等)。它是反映精矿质量的指标,也是制定选矿工艺流程的一项参数。

【中矿】 middling 选矿中分选作业的产品之一,其有用成分的含量介于此作业的精矿和尾矿之间,需返回原流程中的某一适当作业再选,或另设系统处理。

【尾矿】 tailings 选矿中分选作业的产品之一,是精矿提取后,余下的残留物质。其有用成分的含量为最低者。在当前的技术经济条件下,不宜再分选的尾矿,称最终尾矿。随着科学技术的发展,尾矿中的某些有用成分有可能进一步回收,或可作为建筑材料或采矿时的充填料而逐步获得广泛应用。

【尾矿品位】 tailings grade 尾矿中主要有用组分的含量。它是选择经济合理选矿方案、评价矿石可选性、矿产资源利用状况的一项参数。

【选矿指标】 indices of mineral dressing 用以衡量选矿过程的分选效果和处理能力的标志。在选矿工艺流程中常以产率、品位、回收率、富集比和选矿比等指标表示。实验室试验主要用前三项指标表示矿石在选矿工艺上的数量和质量特点,以说明矿石在工业利用上的可能性。

【产率】 yield, output 选矿产率的简称。在选矿工艺流程中,某一产品的质量占入选原矿质量的百分比,即为此种产品的产率。如精矿产率,即精矿的质量与入选原矿质量的百分比:

$$\text{精矿产率} = \frac{\text{精矿质量}}{\text{原矿质量}} \times 100\%$$

产率是选矿过程中的一项重要技术经济指标。

【回收率】 recovery 选矿回收率的简称。指选矿产品(一般为精矿)中某一有用成分的质量与入选原矿中同一有用成分质量的百分比:

$$\varepsilon = \frac{\gamma \times \beta}{\alpha} \times 100\%$$

式中:ε 为产品中某一成分的回收率(%);α 为原矿中此种成分的品位(%);β 为产品中此种成分的品位(%);γ 为产品的产率(%)。回收率是选矿中的一项重要技术经济指标。一般在保证精矿质量要求的前提下,精矿中某一有用成分的回收率越高,说明此种有价成分被回收得愈完全。在选矿过程中测量产率(实际较困难),常用理论回收率代替实际回收率。

$$\text{理论回收率} = \frac{\beta(\alpha-\theta)}{\alpha(\beta-\theta)} \times 100\%$$

式中:α、β 同上式;θ 为尾矿中此种成分的品位(%);前者考虑了选矿过程中有用成分的损失;后者未考虑损失,故实际回收率低于理论回收率。

【富集比】 ratio of enrichment 又称富矿比。矿石经选矿之后,其有用成分在精矿中得到富集,这时的精矿品位与入选原矿品位之比,称为富集比,用以表示有用成分在精矿中的集中程度,即

$$\text{富集比} = \frac{\text{精矿品位}}{\text{原矿品位}}$$

【选矿比】 ratio of concentration 入选的原矿质量与选出的精矿质量之比。

$$\text{选矿比} = \frac{\text{原矿质量}}{\text{精矿质量}}$$

即平均出一吨精矿所需要的原矿质量。它是选矿过程中的一项重要经济技术指标。

【粗选】 roughing, rougher 选矿时将入选的矿物原料进行初步分选的作业。经粗选,矿物原料即被分选为粗精矿、中矿、尾矿等两种或两种以上的产品。粗选产品不是合格产品,还需继续进行分选。

【扫选】 scavenging, scavenger 选矿时,从粗选尾矿中进一步回收有用成分的选别作业。

【精选】 cleaning, cleaner 选矿过程中,为提高粗选精矿的有用成分含量,使之达到工业质量要求,进一步对粗精矿进行富集的选别作业。

【选矿流程】 beneficiation process 又称**选别流程**。各选矿技术作业的组合顺序及其相互关系。矿石的选矿工艺是一个连续流程。一般由破碎、磨矿、分选、产品脱水等技术作业所组成。中矿不返回处理的选矿流程,称选矿开路流程,其最终产品除精矿和尾矿外,还有中矿。中矿不断地返回流程中的某一适当作业,使其合理地分配到精矿和尾矿中去,产品只有合格的精矿和尾矿,这样的选矿流程称闭路流程。一般选矿厂都采用连续闭路流程。

【数质量流程图】 quantity-quality flow-sheet 在选矿中,用以反映矿石处理的数量和质量变化的线示流程图。在流程图上,标明各作业中所有产品的产率、品位、回收率。

【选冶联合流程】 beneficiation-metallurgy combination process

一种以选矿和冶金的方法交替使用来处理矿石的工艺流程。对于某些难选的矿石,有时单用选矿的方法往往得不到满意的效果,甚至不能分选,因而需要采用选冶联合流程进行处理。如氧化铜矿的浸出—置换—浮选过程,铜镍精矿经熔炼为镍冰铜后的冰铜与镍高硫的优先浮选分离过程,均属此类流程。

【洗矿】 washing, ore washing 在水流和机械的作用下,用于处理与粘土结合一起的矿石或有用矿物的重力选矿过程。通常洗矿是选矿的辅助作业,但在有的情况下又是分选作业。洗矿由分散与分离两个作业组成,即将粘土分散和使分散后的粘土物质与粒状或块状的物料分离而获得所需要的产品。洗矿一般用于处理粘土质锰矿石及金、铂、锡、钨的砂矿。

【重力选矿】 gravity concentration, gravity separation 简称**重选**。利用被分选矿物颗粒间相对密度、粒度、形状的差异及其在介质(水、空气或其他相对密度较大的液体)中运动速率和方向的不同,使之彼此分离的选矿方法。它广泛应用于处理煤、有色金属、稀有金属、贵金属矿石,也用于对石棉、金刚石等非金属矿石的加工。重力选矿通常有跳汰选矿、溜槽选矿、摇床选矿(淘汰盘)和重介质选矿等;按使用的介质,又分湿式重选与风力(干式)重选。为了增强细粒物料的分选效果,在重选中还采用离心力场的螺旋溜槽、离心机、旋流器等重选设备。

【自由沉降】 free settling 矿粒在介质中沉降时不受任何机械阻力作用,只受介质阻力作用。理想的自由沉降条件是指一个矿粒在无限广阔的介质中沉降,实际并无这种情况。一般把矿粒在固体容积浓度小于百分之三时的沉降视为自由沉降,这时矿粒间的影响可忽略。

【等降颗粒】 equal settling particles 同一介质中密度、粒度和形状不相同的颗粒,在特定条件下可具相同的沉降速度,这样的相应颗粒称等降颗粒。

【自由沉降等降比】 equal-settling ratio 等降颗粒中密度小的颗粒粒度与密度大的颗粒粒度之比。即

$$e_0 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{\varphi_1(\delta_2 - \rho_0)}{\varphi_2(\delta_1 - \rho_0)}$$

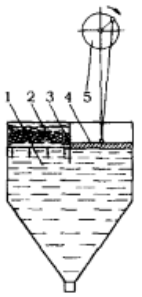
式中:e_0 为自由沉降等降比;d_1、d_2 分别为轻颗粒、重颗粒的直径;φ_1、φ_2 是颗粒的阻力系数;ρ_0 为介质密度。从公式中可见,等降比随介质密度 ρ_0 的增大而增大,e_0 还是阻力系数 φ 的函数。理论和实践均表明,e_0 将随矿粒粒度变细而减小。e_0 的大小在一定程度上反映了两个等降颗粒粒度差异的大小;同一矿石中不同密度的矿粒的 e_0 越大,越易分选,亦意味着可选的粒级范围越大。为提高按密度分选的精确性,在重选前适当分级是必要的。

【干涉沉降】 hindered settling 介质中同时存在着许多矿物颗粒,任一颗粒的沉降速度除受自由沉降因素外,还有周围颗粒存在而引起的附加因素的影响。这种沉降称干涉沉降。

【浮沉试验】 float-sink analysis, floating-sinking test 又称**重液分析**(heavy liquid analysis)。用相对密度不同的重液或重悬浮液将试验样品分成各种相对密度产品的试验。在进行矿石加工技术性能研究时,一般需通过浮沉试验了解原矿中有用矿物按相对密度分配的规律,确定矿石是否具有重力选矿的可能性及重选可能达到的理论指标;在煤炭工业中,它是评价煤的可选性的重要手段。

【跳汰选矿】 jigging 利用强烈振动造成的垂直交变介质(通常是水或空气)流,使矿粒按相对密度分层并通过适当方法分别收取轻重矿物,以达到分选目的的重力选矿过程。是处理密度差较大的粗粒矿石最有效的重选方法之一。分选介质是水,称为**水力跳汰**(hydraulic jigging);若为空气,称**风力跳汰**(air sifting);个别情况下有用重介质的,则称**重介质跳汰**(densemedium jigging)。金属选矿厂多为水力跳汰。跳汰选矿经常用于钨、锡等有色金属矿石和煤的选矿。一般被分选矿粒的相对密度差越大,粒度范围越窄(粒度大小差别越小),分选效果越好。

【隔膜跳汰机】 diaphragm jigger 由偏心连杆机械带动橡胶隔膜作往复运动,借以推动水流在跳汰室内作脉动运动的跳汰机。隔膜跳汰机(见图)可分为四种:①上(旁)动型隔膜跳汰机,适于处理偏粗或中等粒级物料,选别粒度上限可达 12~18 毫米,广泛用于钨、锡矿选厂;②下动型圆锥隔膜跳汰机,一般只用于分选小于 6 毫米的中、细粒级矿石;③侧动型隔膜跳汰机:又分为梯形跳汰机和矩形跳汰机。梯形跳汰机处理能力大,可达 15~30 吨/(台·时),一般用处理小于 6 毫米的矿石;矩形跳汰机可处理 20 毫米的粗粒矿石,亦可处理细粒矿石,生产能力为5~25 吨/(台·时);④圆锥型跳汰机可认为是由梯形表面的单元径向拼合组成,这种设备主要安装在采砂船上作粗选使用,由于单机处理量大,给矿又不需严格分级,已广泛应用于砂金和砂锡的选别。



跳汰机工作原理图
1.水箱;2.筛板;3.隔板;4.活塞;5.偏心轮

【无活塞跳汰机】 jigger without piston, pneumatic jigger 选煤时用周期鼓入压缩空气的方法推动水流的大型跳汰机。可分为两种类型:一是压缩空气室配置在跳汰室旁侧,称为侧鼓式跳汰机;另一种是压缩空气室直接设在跳汰室的筛板下方,称筛下空气室跳汰机。无活塞跳汰机用于选煤时,给料粒度为 100~0 毫米或 50~0 毫米,预先不必分级,分选粒度下限为 0.5~1 毫米。

【脉动水流】 pulsating water flow 跳汰机中水流运动的速度与方向为周期性变化的水流。

【跳汰周期】 jigging cycle 脉动水流每完成一次周期性的变化所用的时间。

【跳汰周期曲线】 jigging cycle curve 在一个周期内表示水速随时间而变化的关系曲线。常见的形式有:①正弦跳汰周期:具有相同的上升和下降水速及作用时间。在这种周期内吸入作用强烈,分选精确度低,处理能力较小,应用不多;②上升水速大、作用时间长的不对称周期,适合处理粗中粒的窄级别物料;③上升水速大于下降水速,而作用时间相等的不对称跳汰周期,适合于处理宽级别的细粒级物料;④上升水速大、作用时间短,下降水速小、作用时间长的不对称周期,适合于选别宽级别物料,对细粒级也有较高的回收率。选别砂矿的圆形跳汰机和选煤的无活塞跳汰机即采用这种类型的周期曲线。跳汰周期曲线形式是获得良好选别效果的重要因素之一。合理的跳汰周期曲线应与被选物料性质相适应,使床层呈适宜的松散状态,颗粒主要借重力加速度差相对运动,是选择跳汰周期曲线的基本原则。

【水流冲程】 water flow stroke 水流在跳汰室中上下运动的最大位移。

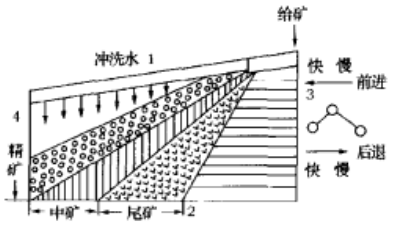
【机械冲程】 machine stroke 隔膜或活塞本身的最大位移。

【冲程系数】 stroke coefficient 水流冲程与机械冲程之比。

【冲次】 specific water-cycle 水流或隔膜每分钟循环的次数。冲次也是影响选别指标的主要因素之一。因为冲程和冲次决定水流和加速度,直接影响到床层的松散和分层状态及水流对矿粒的作用,以致影响分选效果。在分选粒度粗、密度大、处理量大、筛下补加水量小的情况下,可采用较大的冲程与较小的冲

次；当粒度小、床层薄则宜用较小的冲程和较大的冲次。

【摇床】 table, shaking table, table concentrator 用于处理较细矿粒的一种重力选矿机械。是一个具有一定倾角并覆有各种类型覆面的斜面，在摇动机构的驱动下，斜面沿纵向作不等速的往复运动。入选的矿粒从斜面一边的上角送入，同时由斜面上方以横向给水冲洗。使相对密度不同的矿物颗粒借斜面的摇动和水流、复面隔条的作用，在床面上分层并呈扇形分布。密度小的矿物颗粒随水沿倾斜方向流走；密度大的矿物则借床面往复运动所产生的惯性，向纵向末端移动，以达到分选的目的(见图)。一般被分离的矿粒相对密度差越大，粒度大小差别越小，则分选的效果越好。按处理物料的适宜粒度范围，可分为矿砂摇床和矿泥摇床；根据其传动机特点，又分为普通摇床、快速摇床和摇床等。摇床主要用于处理钨、锡和稀有金属矿石，有效选别粒度范围为 3～0.04 毫米。

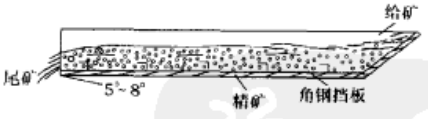


摇床上矿粒分带情况示意图
1.给矿端；2.尾矿端；3.传动端；4.精矿端

【析离】 separation by shaking table 由于床面的摇动，导致细重矿粒钻过颗粒的间隙，沉于最底层，这种作用称为析离。析离分层是摇床选矿的重要特点，它使按密度分层更趋完善。分层结果是：粗而轻的矿粒在最上层，其次是细而轻的矿粒，再次是粗重矿粒，最底层为细重矿粒。

【溜槽选矿】 sluicing 利用沿斜面流动的水流进行选矿的方法。在溜槽内，不同密度的矿粒在水流的动力、矿粒重力(或离心力)、矿粒与槽底间的摩擦力等因素作用下发生分层，结果使密度大的矿粒集中在下层，以较低的速度沿槽底向前运动，在给矿的同时排出槽外或滞留于槽底，经过一段时间后，间断地排出槽外；密度小的矿粒分布在上层，以较大的速度被水流带走。根据溜槽结构和选别的对象不同，大致可分为粗粒溜槽和细粒溜槽，细粒溜槽又分为矿砂溜槽和矿泥溜槽。常用的矿砂溜槽设备有扇形溜槽、螺旋选矿机、圆锥选矿机；矿泥溜槽主要有螺旋溜槽、皮带溜槽和离心选矿机。

【粗粒溜槽】 coarse sluice 用木材或铁板制成的长槽。其分选过程为：矿浆由槽首端给入后，在槽内作快速的紊流流动，漩涡的回转运动不断将密度大的金粒及其他重矿物送到底层，底层水流的紊动作用减弱，容积浓度达到很大，因此轻矿物的粗大颗粒很难进入，只有细小的重矿物颗粒能通过间隙进入底层，形成重矿物层。重矿物层被挡板阻滞留在槽内，上层轻矿物被水流推动，排出槽外。清洗阶段停止给矿，将沉在槽中的精矿清出。由于其结构简单、生产成本低廉。广泛用于处理砂金矿，作粗选设备(见图)。



选金粗粒溜槽

【扇形溜槽】 pinched sluice 又称**尖缩溜槽**。槽子的宽度从给矿端向排矿端呈直线收缩，因排矿口呈扇形故称。槽体倾斜度为 16°～20°。矿浆在沿槽面流动过程中，重矿物逐渐聚集在下层作缓慢的流动，而轻矿物则位于上部运动较快的流层中。随着槽面的尖缩，上下层矿浆流速差越来越大，流层厚度也越来越大，最后在排矿口成扇面展开排出。借助分割器，可得到精矿、中矿和尾矿产品。在选分金、铂、锡砂矿及其他稀有金属的砂矿时，作粗选设备。

【螺旋选矿机】 spiral concentrator 由一个窄长槽绕垂直轴线呈螺旋状构成的选矿机。槽断面为椭圆线形，槽中安装有截取器，精矿、中矿从截取器取出，尾矿从槽尾排出。分选过程为：矿浆自上端给入后，在沿槽流动过程中粒群发生分层。进入底层的重矿物颗粒趋向于向槽内缘运动，轻矿物则在快速的回转运动中被甩向外缘，从而使密度不同的矿物在槽中展开了分带，将内缘的重矿物通过截取器排出。螺旋选矿机结构简单，单位处理能力大，本身不需动力。一般用于选别 2～0.074 毫米的矿物物料。

【重介质选矿】 dense-medium separation 以密度大于水的介质作为分选介质的选矿方法。属重力选矿法，包括重液选矿和悬浮液选矿。用密度介于有用矿物与脉石矿物之间的重液或重悬浮液作为介质，使密度小于介质的矿粒上浮于介质表面，密度大于介质的矿粒下沉于容器底部，以达到分选的目的。

【重液】 heavy liquid 密度高的有机液体或无机盐类的水溶液。可用有机溶剂或水调配成不同的密度。如三溴甲烷($CHBr_3$)或四溴乙烷($C_2H_4Br_4$)，密度可达 2.9～3.0 克/厘米^3；丙二酸铊[$CH_2(COOTl)_2$]配成的溶液密度高达 4.25 克/厘米^3。所有重液的共同点是来源有限、价格昂贵，有毒、有腐蚀性且不易回收。仅在实验室中作重力分析或分离矿物时使用。

【重悬浮液】 heavy-medium suspension 高密度的固体颗粒(一般称为悬浮质，如硅铁、重晶石、磁铁矿、方铅矿、刚玉等)和水构成的固液两相分散体系。它是密度高于水的非均匀介质。

【悬浮液密度】 density of heavy-medium suspension 为单位体积悬浮体内悬浮质与水的质量之和。用 ρ_{su} 表示：

$$\rho_{su} = \lambda\delta + (1-\lambda)\rho$$

式中：λ 为容积学浓度；δ 为悬浮质的密度；ρ 为介质密度(水)。生产中调整补加水量来改变 λ，从而调节 ρ_{su}。

【悬浮液结构化】 suspension structurization 由于悬浮液的微细悬浮质颗粒表面积很大，存在巨大的界面自由能，当悬浮液浓度增大时，为降低表面自由能、颗粒通过尖棱边角处自发地联结起来，形成一种局部的或整体的空间网状结构物的现象称为悬浮液结构化。此时悬浮液的黏度猛增，介质阻力很大，分层难于进行。

【悬浮液稳定性】 stability of suspension 悬浮液维持自身密度不变的性质。由于悬浮液中的悬浮质受自身重力作用始终有向下沉降的趋势，从而使上下层密度发生变化。因此通常用悬浮质在悬浮液中的沉降速度 v 的倒数表示稳定性的大小，称稳定性指标 $Z = 1/v$。式中，v 表示沉降速度，单位为厘米/秒。Z 值越大，表示悬浮液的稳定性愈好，分选愈易进行。

【浮游选矿】 flotation 简称**浮选**。利用各种矿物表面物理化学性质的差异，并借助选矿药剂的作用来扩大这种差异，造成各种矿物表面具有不同的润湿性，通过充气、加温、搅拌等过程，使某种或几种矿物粘附于泡沫之上而从矿浆中浮出，另一些矿物则留在矿浆中。这种选矿方法，称浮游选矿。一般将有用矿物浮入泡沫产物中的浮选，称**正浮选**；将脉石矿物浮入泡沫产物而将有用矿物留在矿浆中的浮选，称**反浮选**。浮选广泛用于细粒嵌布的金属矿物、非金属矿物、化工原料和冶金工业产品的分离。

【矿化泡沫】 mineralized froth 又称**三相泡沫**(three-phase froth)。浮选过程由液-气-固相组成的泡沫。

【矿物润湿性】 wetability 矿物能被水润湿的性质。易被水润湿的矿物称为*亲水性矿物*(如石英、方解石),不易被水润湿的矿物则称*疏水性矿物*(如石墨、辉钼矿)。矿物的自然润湿性主要取决于矿物的结晶构造,不同润湿性的矿物具有不同的可浮性,因此,它是浮选的依据。

【接触角】 contact angle 浮选矿浆中固相、液相、气相接触时,固、液、气三相的交界线为一封闭的曲线,此交线为润湿周边。通过润湿周边上一点,作液气界面的切线,此切线与固液界面间通过液相的夹角为接触角。接触角的大小与可浮性有关,接触角越大,可浮性越好,接触角的大小用于衡量和比较矿物的可浮性。

【浮选药剂】 flotation agent 在浮游选矿过程中,为有效地选分有用矿物与脉石矿物,或分离各种不同的有用矿物,常需添加某些药剂,以改变矿物表面的物理化学性质及介质的性质,这些药剂统称浮选药剂。浮选药剂按其用途可分为五类:捕收剂、起泡剂、活化剂、抑制剂、调整剂。

【捕收剂】 collector, promoter 一种表面活性物质。是在浮选过程中,能使目的矿物(欲使浮选时浮至矿浆表面的矿粒)表面形成疏水性薄膜而减低矿物的被水润湿性,并使其易附着于气泡上的有机药剂。捕收剂的分子由极性基和非极性基组成:极性基朝向矿物表面并呈各种形式的键固着于矿物表面;非极性基则朝向水,以减弱极性水分子对矿物的水化作用,从而使目的矿物产生一定的疏水性薄膜。根据药剂与矿物表面作用的极性基不同,捕收剂可分为硫代化合物类捕收剂(如黄药等)、羟基酸及其皂类捕收剂(如脂肪类及其钠盐等)、胺类捕收剂、油类捕收剂(如煤油等)。前两类是阴离子的极性基与矿物表面相作用,故又称*阴离子捕收剂*;第三类是阳离子的极性基与矿物表面作用,故称*阳离子捕收剂*;第四类是一种非极性的油类。硫化矿及经过硫化的氧化矿用硫代化合物类捕收剂;氧化矿的捕收剂为羟基酸及其皂类捕收剂;非极性矿物的捕收剂为非极性油类捕收剂。

【起泡剂】 frother, frothing agent 浮选时使用的一种表面活化物质。其作用在于降低矿浆气液界面的表面张力,改善气泡性能(气泡的大小、数量、弹性、均匀性、稳定性、负荷能力等),并使矿浆能产生稳定的浮选泡沫等。常用的起泡剂为二号油。

【活化剂】 activator 凡能促进捕收剂与矿物的作用,从而提高矿物可浮性的化学药剂(多为无机盐)。实践中作为活化剂使用的有:有色重金属可溶性盐,如硫酸铜等;碱土金属和部分重金属阳离子;硫化钠和可溶性硫化物及无机酸、无机碱。

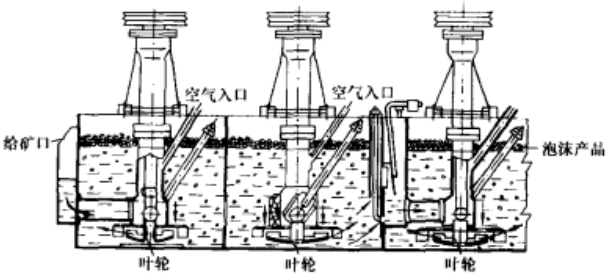
【抑制剂】 inhibitor depressor, depressant 凡能破坏或削弱矿物对捕收剂的吸附,增强矿物表面亲水性的药剂。在浮选中常用的抑制剂有石灰、氰化钾、重铬酸钾、硫酸锌、硫化钠、二氧化硫、亚硫酸及其盐类。

【介质调整剂】 modifier of medium, regulator of medium 浮选时用于改变矿物的表面性质和矿浆的特点,以提高浮选过程的选择性和改善浮选条件的药剂。其主要作用有:①调整矿浆的酸碱度(即 pH 值);②调整矿浆的分散与团聚。矿浆中的氢离子浓度对浮选影响很大,能影响矿物表面的润湿性、捕收剂分子的解离度及其在矿物表面上的吸附、许多浮选药剂的稳定性及其效果、气泡的稳定性等。因此调节矿浆中氢离子浓度对提高浮选过程的选择性非常重要。提高矿浆的碱度常用石灰或碳酸钠,有时用苛性钠或硫化钠;提高矿浆的酸度,常用硫酸。矿泥的存在常使浮选指标变差,应根据需要添加分散剂或团聚剂。分散剂吸附在矿泥颗粒表面增加了表面亲水性及相互团聚的阻力,从而防止有用矿物和脉石细泥相互粘附,利于提高回收率与精矿质量,改善选矿工艺流程。而当浓缩过滤时加入团聚剂,又可使矿泥团聚,加快沉降速度,回收极细矿粒,防止尾矿水"跑浑",提高回收率。常用的矿泥分散剂有水玻璃、氢氧化钠、六聚偏磷酸钠。团聚剂有石灰、明矾、硫酸等。

【絮凝剂】 flocculant, flocculating agent 为高分子有机化合物,浮选时利用其特性使矿物颗粒产生絮凝作用的介质。絮凝剂分子中带有数量较多的极性基(如羟基 - OH,羧基 - COOH,胺基 - NH_2 等),且极性基普遍分布于整个分子中,在与矿物颗粒作用时,高分子有机化合物靠静电力或靠氢键力与矿物相互作用而"桥联",从而产生絮凝。

【药剂制度】 regime of agent 主要指浮选时确定药剂种类和用量的规定,其次是指确定加药的顺序、地点和方法,药剂配制的方法、作用时间等操作规定。浮选能否得到满意的指标,很大程度上取决于浮选的药剂制度选择得是否正确。

【浮选机】 flotator, flotation machine 浮游选矿机的简称。指完成浮选过程的机械设备(见图)。在浮选机中,经加入药剂处理后的矿浆,通过搅拌充气,使其中某些矿粒选择性地固着于气泡之上;浮至矿浆表面被刮出形成泡沫产品,其余部分则保留在矿浆中,以达到分离矿物的目的。浮选机的结构形式很多,目前最常用的是机械搅拌式浮选机。



浮选机示意图

【浮选柱】 flotation column 一种新型的压气式柱状浮选机。其工作过程为:经加药搅拌后的矿浆,由柱的上部缓缓给入,与底部从充气机压入的均匀弥散空气形成对流,以增加气泡与矿浆的接触机会,形成较为理想的矿化泡沫。泡沫升至浮选柱顶部的溢流堰溢出或刮出,使有用矿物与脉石矿物分离。浮选柱具有简化选矿流程、结构简单、占地面积小,处理能力大、消耗动力少等优点,但在高碱度矿浆中充气器极易结钙堵塞。

【优先浮选】 selective flotation, differential flotation 当矿石含有两种或两种以上有用矿物用浮选法进行选矿时,将有用矿物逐一依次选出为单一精矿的浮选过程。

【混合浮选】 bulk flotation, collective flotation 当矿石中含有两种或两种以上有用矿物而用浮选法进行选矿时,将各种有用矿物一起选出为混合精矿(然后再对各种有用矿物进行分离)的过程。

【部分混合优先浮选】 collective-selective flotation 当矿石中有两种以上有用矿物时,先浮选某两种有用矿物,抑制其余矿物,然后再活化并浮选第三种有用矿物,先浮起的混合精矿再进行分离得到合格精矿的浮选过程。

【等可浮】 iso-flotation 当矿石中含有两种或两种以上有用矿物时,在第一回路先浮选第一种矿物和部分易浮的第二种矿物,第二回路活化难浮的第二种矿物并浮出部分第三种矿物,之后分别进行分离浮选的方法。这种流程以等可浮为特征,避免了强抑制、强活化带来的分离困难。显示了充分利用矿物自然

可浮性的特点。

【浮选时间】 flotation time 矿浆在每一作业的浮选槽内停留的时间为这一作业的浮选时间。粗选作业和各次扫选作业浮选时间的总和称为浮选时间。增加浮选时间可使回收率增大,但精矿品位略有下降。

【全油浮选法】 bulk-oil flotation 用大量油类与水和矿石一起搅拌,使疏水亲油的矿物与油一起上浮,从而与脉石分离的方法。

【表层浮选法】 skin flotation 将磨细的矿石,撒在移动的水流表面,疏水的矿物则漂浮在水面,收集后为精矿;亲水下沉的脉石作为尾矿废弃的方法。

【絮凝浮选法】 flocculating flotation 一种处理有用矿物为极细(一般在20微米以下)的矿石的选矿方法。即浮选时在特定的介质条件下,加入一定量的高分子化合物,使有用矿物或脉石矿物进行选择性的絮凝(微细矿物颗粒受静电力、分子力或化学力的作用形成絮状小团的现象,称絮凝),然后加入捕收剂将其浮出。此法已用于细粒赤铁矿的选别。

【载体浮选】 carrier flotation 又称**乳化浮选**。利用一般浮选粒级的矿粒作载体,使目的矿物细粒罩盖在载体上而上浮的选矿方法。载体可用同类矿物作载体,也可用异类矿物作载体。如用硫磺作细粒磷灰石浮选的载体。

【团聚浮选】 agglomerating flotation 细粒矿物经捕收剂处理后,在中性油作用下形成带矿的油状泡沫之选矿方法。此法已用于选别细粒锰矿、钛铁矿、磷灰石等。其操作工艺条件分为两类:捕收剂与中性油先配成乳化液加入;在高浓度(达70%固体)的矿浆中,分先后次序加入中性油及捕收剂,强烈搅拌,控制时间,然后刮出上层泡沫。

【真空浮选】 vacuum flotation 在真空的甑中,采用降压装置,从溶液中析出微泡(气泡粒径一般为0.1~0.5毫米)的选矿方法。甑可以增加气-液界面,增加微粒的碰撞几率和粘附几率,利于微粒矿物的浮选。从水中析出微泡浮选细粒的重晶石、萤石、石英等是有效的。

【电解浮选】 electrolytic flotation 利用电解水的方法获得微泡的选矿方法。一般气泡粒径为0.02~0.06毫米,用于浮选细粒锡石时,单用电解氢气泡浮选,粗选回收率比常规浮选显著提高。

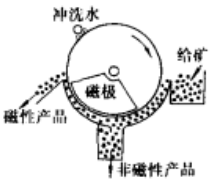
【气溶胶选】 aerosol flotation 又称**气溶胶法**。强化药剂作用的药剂配制新方法。实质是使用一种特殊的喷雾装置,将药剂在空气介质中雾化以后,直接加到浮选甑内,然后进行浮选。

【药剂电化学处理】 electrochemical treatment of reagent 在溶液中,通以直流电对浮选药剂的电化学作用。用这种方法可改变药剂的本身状态,溶液的pH值以及氧化还原电位数值。从而提高最有活化作用的药剂组分的浓度、形成胶粒的临界浓度,提高难溶药剂在水中的分散程度等。

【二次富集】 secondary enrichment 在矿化泡沫中,常夹杂有部分连生体及脉石的粒子,由于泡沫层中水层向下流动可冲洗大部分机械夹杂的脉石,使之重新落回矿浆;当气泡在泡沫层中兼并时,气-液界面积减小,气泡上原负荷的矿粒发生重新排列,使疏水性强者仍附着于气泡,弱者被流动的水带入矿浆,从而提高了精矿质量。上述两种作用称为二次富集。

【浮游重选】 flotation-tabling, table flotation 即团粒浮选法,一般称粒浮(台浮)。一种浮选与重选结合的选矿方法。系根据各种矿物表面物理化学性质的差异,借助表面张力的作用,使疏水性矿物表面聚集许多小气泡,结成团粒而浮出水面。亲水性矿物则沉于水底并按重选原理进行分选。

【磁力选矿】 magnetic separation, magnetic concentration 简称**磁选**。根据被分选矿物颗粒间磁性的差异及其在磁场中所受磁力的大小,进行矿物分离的选矿方法。按磁选机的磁场强弱,可分强磁选和弱磁选;根据分选时所采用的介质,又分为湿式磁选和干式磁选。只要被分离的矿物或矿物集合体具有适当的磁性差异及适合的粒度,几乎都可用磁选进行选矿(见图)。最常用于磁铁矿和含铁矿物同其他矿物的分离,如稀有金属矿物、各种铁矿物、锰矿物和黑钨矿、石榴子石、黑云母、角闪石等。为增加弱磁性矿物的磁性,有时需将此类矿物磁化焙烧,再进行磁选,以提高分选效果。



磁选过程原理图

【磁选机磁场】 magnetic filed of magnetic separator 在磁选机中能使磁体产生磁力作用的空间。磁场可分为均匀磁场和非均匀磁场,磁选只能在非均匀磁场中进行。

【磁场梯度】 magnetic field gradient 磁场强度随空间位移的变化率,用符号 dH/dx 表示。磁场梯度为一矢量,其方向为磁场梯度变化最大的方向。且均匀磁场(dH/dx)=0;非均匀磁场中(dH/dx)$\neq$0。

【磁场力】 magnetic field force 某点磁场强度与磁场梯度的乘积。用 $H\cdot(dH/dx)$表示。

【磁性物质】 magnetic substance 受磁场作用能产生磁性的物质。

【磁化】 magnetization 在外磁场作用下,使不显磁性的物质产生磁性或变化的过程。

【磁化焙烧】 magnetization roasting 在一定条件下,把弱磁性铁矿物(赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿和黄铁矿等)经焙烧变成强磁性磁铁矿或γ-赤铁矿的处理过程。经磁化焙烧的弱磁性矿石即可用最经济有效的弱磁场磁选法处理,使铁矿物和脉石矿物得到有效的分离,磁化焙烧包括还原焙烧、中性焙烧和氧化焙烧。还原磁化焙烧适用于赤铁矿和褐铁矿。这类矿石在适量的还原剂作用下,可被还原为磁铁矿石,常用的还原剂有C、CO、H_2。中性焙烧适用于菱铁矿石,在不通空气或通入少量空气的情况下加热到一定温度时被分解成磁铁矿。氧化磁化焙烧适用于黄铁矿,黄铁矿在氧化气氛(或通入大量空气)中短时间焙烧被氧化成磁黄铁矿及磁铁矿。这种焙烧方法常用于稀有金属精矿的提纯。

【预磁】 pre-magnetization 矿浆进入磁选之前为提高其选分效果,将矿浆流经一个磁场进行磁化的作用。经预磁后,细粒磁铁矿单体颗粒因有剩磁而结成磁链,从而减少细粒磁铁矿的流失,提高金属回收率。

【磁团聚】 magnetic flocculation 细粒磁铁矿进入磁选设备的磁场后被磁化,相互吸引产生团聚;当它离开磁场后,由于细粒磁铁矿的矫顽力大,使得矿粒保留较大的剩磁,形成剩磁团聚的现象。磁团聚使细粒矿石变为"磁团"或"磁链"。

【矿石磁性分析】 magnetic analysis of ore 确定矿石中磁性矿物的含量和磁性的分析工作。主要包括矿物的磁化系数测定与矿石的磁性分析两部分。通常在作矿石可选性试验、对矿床进行工艺评价以及检验磁选厂的产品和磁选机工作情况时,都要用磁性分析。

【磁系】 magnetic systems 即磁极组或磁极对。磁选机的磁场是由磁系产生的,磁系可分开放型磁系和闭合型磁系。开放磁系即磁极相邻配置,其磁场强度不高,用在弱磁场磁选机上;闭合磁系的磁极相对配置,这种磁系产生强磁场,因此强磁场磁

选机采用闭合磁系，选分强磁性矿物。

【磁选机】 magnetic separator 依据矿物或矿物集合体的磁性差异，使其在磁场中得到分离的选矿机械。磁选机中产生磁场的元件叫磁系。根据磁系产生磁场的方式，可将磁选机分为永磁磁选机和电磁磁选机，电磁磁选机又可根据磁场的特点分为恒定磁场和交变磁场两种磁选机。按磁场强度的强弱，磁选机又分为强磁场和弱磁场磁选机。强磁场磁选机包括干式或电磁圆盘式强磁选机、干式对辊式强磁选机、琼斯型强磁选机、萨拉型转环式高梯度强磁选机；弱磁场磁选机包括磁力脱水槽、永磁圆筒式磁选机；按结构特点又分为筒式、盘式、辊式、带式、对极式、环式等。

【超导磁选】 superconducting magnetic separation 将超导技术应用到磁选领域的一种新的磁分离方法。超导磁选机采用超导电材料作线圈，线圈通入电流后，可在较大的选分空间产生 $2\times10^7/4\pi$ 安/米(2万奥斯特)以上的强磁场，且线圈不消耗电能，磁场长时间不衰减，其体积小、重量轻、单机处理高，为磁选开辟了新的应用前景。

【磁流体】 magnetic fluid 在磁场或磁场与电场的联合作用下能够磁化，呈现出似加重现象并对位于其中的颗粒产生磁浮力作用的流体。

【磁流体选矿】 magnetic-fluid separation 磁选新工艺，系以特殊的流体(如顺磁性溶液、铁磁性胶粒悬浮液和电解质溶液)作为分选介质，利用流体在磁场或磁场和电场的联合作用下产生的"加重"作用，按矿物之间的磁性和密度的差异或磁性、导电性和密度的差异，而使不同矿物实现分离的一种新的选矿方法。包括磁流体静力分选和磁流体动力分选：后者是在磁场(均匀或不均匀)与电场的联合作用下，以强电解质溶液为分选介质，根据矿物之间密度、比磁化系数和导电率的差异，而使不同矿物分离的一种选矿方法，适用于对回收率要求不高的矿石的粗选；前者与重液分选具有相似之处，是以顺磁液体和铁磁性胶体(水基液或有机溶剂液)悬浮液为分选介质，在重力场、离心力场和磁场的作用下，浮沉分离固体颗粒，可作为金刚石选矿中精选方法之一。

【电力选矿】 electric separation 简称**电选**。利用各种被分选矿物的导电率及其在电场(静电场或电晕电场)中荷电程度的不同，使之在电场力、机械力和重力的联合作用下而分离的选矿方法。

【电选机】 electric separator 电力选矿的设备。其工作原理为：具有不同导电率的各种矿物通过电场时，由于静电感应或俘获带电离子的作用而带有不同的电荷，并在电场中显示不同的特点；辅以重力作用，使之产生不同的运动轨迹；然后借助接料器具，达到将不同导电性矿物分离的目的。按电选机的电场特性，分为静电选矿机和电晕选矿机两类，还可根据矿粒荷电方法和电选机的构造进行分类。

【电泳选矿】 electrophoresis separation 利用各种矿物的不同表面电性而进行分选的一种选矿方法。如高岭土微粒在水中带有负电荷，并能在电场中向正极游动，可借助高岭土的这种特性，使其与杂质分离。

【化学选矿】 chemical concentration 又称矿石的化学处理，或湿法冶金。通过化学作用，将矿石中的有用组分转变为易溶于水或其他溶剂内的物质，从而得以分离提取的选矿方法。此法一般只获得半成品，即化学精矿。金属的氧化物、氢氧化物或其他化合物，在某些情况下，也可从浸出溶液中直接置换沉淀或电解沉淀出金属。用其他方法难选的矿物，则化学选矿可以单独使用，亦可与其他选矿方法联合使用。

【焙烧选矿】 roasting 对矿物原料进行热化加工的预处理方法。用于物理选矿难以分离富集的矿物原料，将矿物原料加热到一定的温度(低于其熔点)，使其发生物理化学变化，改变成分适应下一步的处理要求。焙烧以后的产物，称**焙砂**。采用的焙烧预处理方法，主要有还原焙烧、氯化焙烧、焙解、加盐焙烧、氧化焙烧、硫酸化焙烧。

【硫酸化焙烧】 sulphating roasting 金属硫化矿经氧化焙烧生成硫酸盐，以便用水浸出的分离过程。金属硫酸盐在高温下易分解成金属氧化物和三氧化硫，但各种金属硫酸盐分解温度不同，如铁的硫酸盐约在550℃发生分解，而铜、钴、镍的硫酸盐则需在700℃以上才分解。通常利用这种差别，可从含铜、钴、镍的黄铁矿中分别提取铜、钴、镍。

【氯化焙烧】 chlorination roasting 矿物原料与氯化剂混合，在一定的温度和气氛下进行焙烧，有价金属转变为气相或凝聚相的金属氯化物与物料其他组分分离的过程。氯化焙烧分为中温氯化焙烧及高温氯化焙烧，适宜处理钛、钽、铌、稀土含量高的矿物。

【离析法】 segregation process 又称**氧化-还原离析法**(oxidation-reduction segregation process)。处理有色金属氧化矿石的一种选矿方法。其过程是将有色金属氧化矿石加入一定量的氯化钠和碳粉(森炭或焦炭)，在700～1100℃温度下进行还原焙烧，使其中的金属氧化物还原成金属，然后用黄药将其浮出(对金属镍则用磁选法将其选出)。此法的技术较复杂、成本高，目前仅用来处理难选的氧化铜和氧化镍矿石。

【焙解】 calcination 又称**煅烧**。化合物受热时分离出一种更简单的化合物和气体的过程，称为热离过程。而对于碳酸盐岩的热离称为焙烧(或煅烧)。

【浸出】 leaching 溶剂选择性地溶解固体中某组分的工艺过程。矿物原料浸出的任务是选择适当的溶剂，使矿物原料中的有用组分或有害杂质选择性地溶解，使其转入溶液中，达到有用组分与有害杂质或与脉石组分相分离的目的。浸出的矿物原料一般为难以用物理选矿法处理的原矿、物理选矿的中矿、不合格精矿、冶金过程的中间产品等。

【细菌浸出】 bacterial leaching 又称**细菌选矿**。利用微生物及其代谢产物氧化、溶浸矿石中某些有用组分，然后从浸出液中回收有用金属的一种化学选矿新工艺。

【氰化法】 cyanidation 将经过细磨的矿粒用氰化钠(钾)溶液浸泡，使贵金属进入溶液，再用锌粉还原沉淀，或用其他方法从溶液中析出金属。是从矿石中提取金、银等贵金属的一种重要方法。此法特别适于处理贵金属含量较低的矿石。

【混汞法】 amalgamation 从矿石中提取金、银等贵金属的一种重要方法。是将含有游离贵金属的矿石同汞、水一起细磨，使汞将金属颗粒的表面润湿，并进一步逐渐向金属内部扩散形成汞齐(即汞合金)，从而同脉石矿物分离，矿浆沿表面涂有汞的倾斜铜板流下，使其中未形成汞齐的贵金属颗粒与铜板上的汞接触而形成汞齐。汞齐经加热蒸发去汞，即获得贵金属或其合金。此法主要用于处理含贵金属化合物的而含游离贵金属较多的矿石。

【溶剂萃取】 solvent extraction 利用不相混溶的两个液相，使物质由一个液相转移到另一个液相的物理化学过程。这是稀有金属提取工艺中应用很广的一种方法。如稀土、锆与铪、钽与铌等分组均广泛采用此法。

【离子交换法】 ionic exchange method 又称**离子交换色层分**

离法(ionography),是元素及化合物分离、提纯的新技术。如用离子交换法提取铀,通常是将含铀的矿石浸出,使铀转入溶液;然后通过强阴离子交换树脂,将铀吸附在阴离子树脂上,从而与其他阳离子分离;再对吸附的铀用氯化物或硝酸盐溶液将它们淋洗下来,接着用碱性试剂使铀沉淀为高品位的铀浓缩物。

【离子浮选】 ion flotation 从溶液中分选出离子的选矿方法。通过向选矿溶液中加入一种表面活化剂,其电荷一般与溶液中需要选出的无机(常为金属)离子的电荷相反,使二者形成具有疏水性的络合盐类;再通入气泡,使络合盐向气泡浓集并成为泡沫刮出。它与浮游选矿的区别是,前者只有液气两相,离子处于溶液之中,而浮游选矿的矿浆则由液、气、固三相组成。

【摩擦选矿】 frictional concentration 利用矿石中有用矿物与废石(或不同的有用矿物)对同一倾斜表面的不同摩擦系数而进行分选的一种选矿方法。如将石棉和蛇纹石的混合颗粒置于斜面上,石棉比蛇纹石滑得慢,可以达到分离的目的。

【粘附选矿】 coherent separation 又称**油脂选矿**。利用不同矿物对粘附剂油脂的粘附性差异而进行分选的选矿方法。一般用于金刚石选矿。更广泛应用的粘附法选矿是将矿物表面进行处理,再用各种适应的溶液洗涤,即人工地造成不同的表面粘附性能,然后与粘附剂接触,有的被粘附,有的不被粘附,从而达到分选的目的。

【风力选矿】 pneumatic separation 以空气为介质对矿物进行分选的选矿方法。其基本条件是原料给到倾斜安装的固定的或可动的多孔表面上,借助间断或连续给入的上升气流悬浮松散,使矿物按密度差分层。根据气流的给入方式,设备的运动形式不同,风力选矿有跳汰、重介质、摇床和溜槽选矿等。

【手选】 hand sorting, hand picking 根据不同矿物的颜色、光泽等的差异,用人工进行分选的简单选矿方法。一般只用于拣选大块富矿或拣出废石,其生产率和劳动条件均较差。

【光电选矿】 photoelectric separation 模仿手选的动作,用机械和电的组合进行分离矿物的选矿方法。即在一般可见光的照射下,利用不同矿物对光的反射和透过程度的差异,通过光敏元件将反光的变化转变为电信号的变化,推动继电器执行机构(电磁铁构成的分矿打板)动作,将矿物分离。主要用于含钨石英脉型矿石的初选,以部分地代替手选。

【铀矿石物理选矿】 physical uranium-ore-processing 是降低低品位铀矿石选矿成本,排除直接化学加工处理困难的铀矿进行化学加工处理前的一道重要工序。铀矿石的物理选矿有放射性选矿、浮游选矿、重力选矿、光电选矿、电磁选矿等方法。其中以放射性选矿较为广泛使用。有时尚需联合流程选矿。

【放射性拣选】 radioactive detection sorting 利用含放射性元素(如铀、镭、钍等)矿石的放射性,当这些元素发生 α、β 衰变时,由于新元素处在激发态而放射 γ 射线。此时,通过对 γ 射线强度的检测、信号的放大及比较处理,指令执行机构进行拣选的方法。

【磁性拣选】 sorting by magnetic property 用矿粒磁性系数差异的检测来进行拣选的选矿方法。可用于拣选含金刚石的金伯利岩(磁化系数较脉石为高)及含有磁铁矿的石棉块等。

【脱水】 dewatering 选矿过程中矿石与水分离的过程。因选矿多在水中进行,且应用大量的水,故所得精矿及尾矿产品含水多需脱水。细粒物料通常先经沉淀作用的浓缩作业,将水分降至 40% ~ 50%,然后用过滤机过滤至含水 8% ~ 12%。需进一步干燥(通常用回转窑)将水分降至 3% ~ 4% 以下,细粒尾矿产品在用泵送尾矿坝堆存之前,有时也先经脱水。

【浓缩】 thickening 矿粒借助自身的重力从矿浆中沉淀出来的脱水过程。浓密脱水在浓密机中进行。它是一个圆形池子,矿浆从中心给入,矿粒沉降在池子底部,通过耙子作用汇集于中央并从底部排出,澄清水从池子周围溢出。浓密作业的给矿浓度约为 20% ~ 30%,底流浓度可达 50% ~ 70%。浓密机分周边传动式浓缩机和中心传动式浓缩机。

【过滤】 filtration 在压力差作用下,矿浆在多孔滤布上进行固相与液相的分离过程。过滤给料的浓度一般不小于 40%,滤饼的水分可降到 7% ~ 16%,选厂使用最多的是真空过滤机。

【干燥】 drying 用加热蒸发的办法将物料中水分脱除的过滤作业。通常过滤产品水分含量达到用户要求时精矿就出厂,只有在达不到用户要求时,过滤之后才设干燥作业。常用的干燥设备为圆筒干燥机。干燥后物料的水分可降到 2% ~ 6% 以下。

【金属平衡】 metallurgical balance, metal-content balance 入厂原矿中金属含量和出厂精矿中的金属含量之间的平衡关系。金属平衡一般以一定的表格形式列出,且每月、季、年都要编制,这样的统计表称为金属平衡表。此表包括选厂处理的原矿量、出厂的精矿和尾矿量以及原矿、精矿和尾矿的品位、回收率等项,可反映一个选厂某个时期技术工作与管理工作的好坏,是评价选厂技术管理工作的基础材料。

【矿石可选性】 separability of ore 矿石的各种矿物成分在选矿过程中的分选难易程度。在矿床勘探时,研究矿石可选性的目的,是为了确定在当前的技术经济条件下,使矿产得到合理利用的可能性及其途径。矿石可选性的研究一般在实验室内进行,按其规模、详细程度及研究成果的用途,又可分为初步可选性试验、详细可选性试验和扩大试验。为改进或强化现已生产的选矿厂的某些生产过程,有时也需要进行矿石可选性试验研究。

【选矿取样】 sampling of separation 选矿生产是一个连续的过程,通过每一作业的矿流量很大,欲了解每一个产品的性质,必须从矿流中取出少量有代表性的矿样,称选矿取样。取出的有代表性的少量矿样又称为试样。

【混匀】 homogeneousl mixing 又称拌匀。用机械或人工的方法使两种以上的物料均匀混合的作业。在制备选矿或分析试样的过程中,混匀的目的是使不同成分和粒度的矿物颗粒在矿样中均匀分布,以保证下一步作业所获得的样品具有充分的代表性。常用的混匀方法有堆锥法、环锥法、翻滚法等。

【四分法缩分】 sample quartering 是一种缩分方法。其操作方法是先将圆锥形试样堆用一块薄板插入锥顶,使矿样沿圆周分散,最后成圆盘形;再把它分成四个象限,两对角部分合并,一份丢弃,一份作为试样,至此进行完一次缩分。每进行一次缩分前均要混匀一次,环锥法混匀和四分法缩分常结合在一起进行。另外还有方格法和间槽式分样器等缩分方法和工具。

【初步可选性试验】 preliminary washability test 在矿床初步勘探阶段(对某些新矿种、新类型或矿石组分较复杂的矿床则在详细普查阶段),为了对矿床进行初步评价,而进行的实验室规模的矿石可选性研究。其主要任务是按矿石类型分别采取少量试样进行基本的矿石物质组成和化学成分的研究,并在此基础上进行矿石的选矿工艺性能的研究,以确定大致的选矿指标(如精矿品位、尾矿品位、回收率)、选矿流程及伴生组分利用的可能性。其成果可作为确定精度较低的矿产储量及编制进一步勘探计划的依据。

【详细可选性试验】 detailed washability test 在初步可选性试

验的基础上，配合矿区详细勘探所进行的实验室规模的矿石可选性研究。其任务是详细研究矿石的组成(包括矿物成分、粒度大小、嵌布特征、结构关系、共生关系、有用和有害成分的赋存状态、各种矿物的百分含量、矿石的氧化程度及含泥量等)，选择较合理的选矿方法和选别流程，确定矿石的工艺类型及处理不同类型矿石的可能性，提出对原矿的最低可采品位要求、供工业利用参考的选矿指标以及伴生组分综合利用的评价资料等。对于简单的矿石，其试验结果一般可作为建厂设计的依据。

【扩大试验】 pilot-scale test, scale-up test 扩大选矿试验的简称。针对物质成分较复杂，缺乏选矿先例的新类型矿石，为确定较合理的技术经济指标和选矿工艺流程提供基本依据，而进行模拟生产的实验室连续性稳定试验。有时为了校核和验证详细可选性试验时单机试验所确定的工艺流程和选矿指标是否可靠，也需进行扩大试验。

【半工业性试验】 pilot-scale test, pilot plant test 半工业性选矿试验的简称。是在实验室试验的基础上，利用工业生产的工艺设备(一般在半工业试验厂中)进行一定时间的连续性选矿试验。试验对象是那些在生产上无先例而又要进行工业设计或工业评价的新矿种、新方法、新流程、新设备和大型矿床。这种规模的试验可取得较完全的各项技术经济指标。

【工业性试验】 commercial use test, industrial scale test 工业性选矿试验的简称。指在工业性试验厂中或已投产工厂的某个系列中所进行的选别试验。除设计大型选矿厂或处理极为复杂的矿石外，一般较少采用这种试验。有时为了验证某些选矿的新方法、新流程、新设备，亦需进行工业性的选矿试验。

冶　金

【冶金】 metallurgy 从矿石、精矿或其他原料中提取金属及炼制合金的工艺过程。按冶金方法可分为火法冶金和湿法冶金；按所提取的主要金属或合金，又分为黑色金属冶金、有色重金属冶金、有色轻金属冶金、稀有金属冶金和贵金属冶金等。中国是世界上冶金技术发展最早的国家之一，早在3500多年前奴隶社会时期劳动人民已能开采铜矿石(如孔雀石)用于炼铜，在殷、商时期能炼制铜、锡、铅、金四种金属，商代已有铁器。早在西汉时就用"胆水浸铜法"炼铜，宋代锡矿工人又用此法从工业废水中回收铜，开始了综合利用，是世界湿法冶金的起源。

【可冶性】 metal extractability from ore, metallurgical ability 是指从矿石、精矿或其他原料中提取金属的可能性、现实性和难易程度。从不同的物料中提取不同的金属需用不同的方法，则物料可冶性好坏的反映方式也就不同。例如，采用火法冶炼时，常用物料还原性和透气性的好坏来反映其可冶性；采用湿法冶炼时，常用物料分解浸出的好坏来反映其可冶性。在当前的科学技术水平和生产条件下，经过测试和实验，能达到国家规定的工业利用指标的物料，则说明其可冶性好或较好；否则物料的可冶性差，甚至无可冶性。可冶性是相对而言的，并无具体数据的划分标准。

【火法冶金】 pyrometallurgy 又称**高温冶金**。在高温条件下进行的冶金作业的总称。即利用燃料、电能或化学反应所产生的热量，使矿石、精矿或其他原料经受一系列的物理化学变化，将其中的金属与脉石或其他组分分离而得到金属或合金的冶金方法。包括焙烧(或烧结焙烧)、预还原、熔炼、吹炼、火法精炼、金属热还原等过程。火法冶金广泛用于冶炼钢铁、铜、铅、锌、锡等，具有处理量大、工艺简单、成本较低等优点，迄今仍是生产钢铁和有色重金属的主要冶金方法。

【湿法冶金】 hydrometallurgy 又称**水法冶金**。在溶液特别是在水溶液中进行冶金作业的总称。即在较低温度(一般低于溶剂的沸点)条件下，用适当的溶剂处理矿石、精矿或其他原料，使要提取的金属或化合物溶解而与脉石或其他杂质分离，或者使脉石或其他杂质溶解而欲提取的金属或化合物不溶解，然后从溶液或渣中提取金属或化合物。湿法冶金一般包括有浸出、过滤、净化(包括固液分离)及提取四个过程，在后两个过程中，又常采用沉淀、结晶、萃取、离子交换、水溶液电解等方法。湿法冶金对原料综合利用的可能性大，可以直接处理难选和不宜采用火法冶金处理的矿石。燃料消耗少，作业易控制，劳动条件较好，金属回收率高，多用于处理有色金属或含量较低、成分较复杂的其他原料。随着科学技术的创新和发展，湿法冶金的应用已越来越广泛。

【电冶金】 electrometallurgy 以电作能源，从矿石、精矿或其他原料中提取金属和炼制合金的方法。电冶金可分为电热法和电解法。电热法是利用电能作热源，可获得比用一般燃料供热更高的温度，用于冶炼优质钢、铁合金和某些有色金属；电解法又分熔盐电解和水溶液电解，多用于某些有色金属和稀有金属的提炼和精炼。

【真空冶金】 vacuum metallurgy 在真空或惰性气体保护下进行的冶金作业。可以实现大气中无法进行的冶金过程，能防止金属氧化，分离沸点不同的物质，除去金属中的气体或杂质，增强金属中碳的脱氧能力，提高金属和合金的质量。真空冶金一般用于金属的熔炼、精炼、浇铸和热处理等，随着尖端科学技术的迅速发展，真空冶金在稀有金属、钢和特种合金的冶炼方面日益广泛地得到应用。

【粉末冶金】 powder metallurgy 用金属粉末或金属粉末与非金属粉末的混合物作原料，经成型和烧结，制成各种类型的金属制品和金属材料的冶金方法。因它与陶瓷生产有相似之处，故又称**金属陶瓷法**(ceramic-metal combinations)或**陶瓷冶金法**(ceramic metallurgy)。粉末冶金可避免熔炼过程中的杂质污染及铸造缺陷，大量减少机械加工量，节约金属材料，是制造稀有高熔点材料及特殊制品的重要方法。如地质勘探和采矿中应用的硬质合金，即常用粉末冶金的方法制造。由于粉末冶金的原料和压模成本较高，对于尺寸过大或造型复杂的制品均有一定困难，因此在应用时还受到一定限制。

【细菌冶金】 bacterial metallurgy 湿法冶金的一种。利用某些微生物(细菌)的生物催化作用(有人认为是生物氧化作用)，使矿石中的金属在水溶液中溶解出来，随后从溶液中提取金属的方法。细菌冶金具有设备简单、操作方便、生产费用低、可以综合回收多种金属、少用或不用其他溶剂等特点，特别适宜处理贫矿、尾矿、废矿和炉渣等。中国是世界上最早采用细菌冶金的国家，早在北宋时期就有多处矿场使用细菌冶金技术炼铜，当时称**胆水浸铜**。

【堆浸技术】 heap leaching technology, dump leach technology 湿法冶金的一种方法。将低品位的金、银矿、氧化铜矿或含铜废矿等物料碎至一定粒度(或造粒)，堆积在由沥青、混凝土或塑料等材料铺筑的防漏底垫上，用低浓度氰化物、碱性溶液、无毒溶剂或稀硫酸等溶液在矿堆上喷淋，使金、银或铜溶解，含金、银或铜的溶液，从矿堆上渗滤出来，然后用活性炭吸附、锌粉或铁粉置换沉淀等方法回收金、银或铜。吸附或置换后的尾液可返回使用。此法的优点是工艺流程简短、易于操作、规模可大可小、

投资少、生产费用较低,有广泛应用的潜力。它可用于开发矿体小或品位低,或两者兼有,而不能用常规方法开发利用的矿床。如低品位金、银矿,氧化铜矿等。缺点是浸出率偏低,并对矿石类型和矿石性质有一定的要求,且易污染环境。

【原地浸出技术】 situ leaching technology 又称**就地浸出技术**(in-situ leaching lechnology)。用化学溶剂直接溶解矿体,然后从浸出液中提取有益元素的方法。原地浸出既涉及地质、采矿,又涉及到冶金,因此也称**化学采矿法**或**地下湿法冶金**。已在工业上应用于铜、铀等矿的浸出或开采。美国、前苏联、加拿大、日本已有原地浸出硫化铜矿的工业实践。中国早已采用原地浸出开采钾盐、岩盐、芒硝等矿产。已公认最有意义的新发展是把生物化学技术应用于原地浸出中。

【浸出率】 leaching rate 表示所要提取之金属被浸出的程度,即金属被浸出的百分率。如浸溶锌焙砂时,若浸出的锌占焙砂中锌的80%,则锌的浸出率为80%。

【焙烧】 roasting 在物料熔点以下的一种加热过程。即在适当的环境中,将矿石、精矿或其他物料加热而不熔融并使其发生物理化学变化,以利于下一步进行火法或湿法冶金的加工作业。据其工艺不同分为沸腾焙烧(流态化焙烧)、固定床焙烧和旋风焙烧。按焙烧过程的作用可分为:①**氧化焙烧**(oxidizing roasting),在加热时通以空气,使物料中有关组分变为氧化物;②**还原焙烧**(reducing roasting),混入炭后加热,或者在加热时通氢气或其他还原性气体,使物料中有关组分还原成低价氧化物或游离元素;③**钠化焙烧**(sodiumzation roating),物料与钠盐混合后加热,使其中有关组分变成一种钠盐,以便下一步浸出分离;④**分解焙烧**(carbon dioxide roating),使物料中有关组分(如结晶水、二氧化碳等),在加热时分解出来;⑤氯化焙烧,物料与氯化物混合后加热,或在加热时通氯气,使其中有关组分变成氯化物,以便挥发分离或浸出;⑥磁化焙烧,也属于还原焙烧,但还原作用不完全,从而使有关组分变成带磁性的物质,以便磁选分离;⑦硫酸化焙烧,在硫化物矿焙烧时通以部分空气,使矿石中有关组分生成硫酸盐,以便下一步浸出分离。有时为了改变物料的结晶形态亦需进行焙烧。

【烧结】 sintering 粉状或粒状物料经加热至一定温度范围而固结的过程。物料经烧结,发生物理化学变化(如部分熔融)而改变其物理性质(如强度、密度等)。如将粉矿(或精矿)、燃料(有时需添加熔剂)加入适量的水并均匀混合,利用其中的燃料燃烧加热至适当温度,使其局部熔融而粘结成块状烧结矿。烧结矿具有一定的块度、高气孔率和足够的强度,可以改善熔炼时炉料的透气性,减少吹损,能充分利用粉状物料,提高生产能力等。有时烧结也起一定的焙烧作用,此时可称烧结焙烧。大部分陶瓷和耐火材料的制造都要进行烧结;进入高炉鼓风炉或电炉之前的粉状及粒状物料,也需经烧结造块(或造球)。世界上90%的烧结矿均系采用向下抽风烧结法进行烧结造块。

【球团】 pellet 将细粒精矿或粉矿与粘结剂(有时还加熔剂、炭粉等)均匀混合,加入适量的水,滚成或压制成一定直径的生球,经干燥和焙烧,使其固结、硬化的工艺。用球团法生产的球状块料,叫球团矿。球团矿和烧结矿相比较,其特点是粒度均匀,透气性和还原性能良好,主要适于经细磨、分选而不宜于烧结的细粒精矿(粒度 -200 目的占 60% ~ 70%以上)的造块。对于含有色金属及稀有金属的矿石精矿,可在造球时加入特殊的物质而使其中的金属变成挥发物或易溶物从球团矿中排除,这对矿石的综合利用更有特殊意义。

【预还原】 pre-reduction 还原熔炼前在一定的温度下,用煤或还原性气体,使矿石、精矿或球团矿中的有关组分部分或大部分还原成金属的冶金过程,称预还原。其目的在于改善还原熔炼的技术经济指标,有效地综合回收伴生有益组分。由于在还原熔炼时可用无烟煤,不用或少用焦炭,尤其适于一些缺乏炼焦煤而电力资源丰富的地区。

【熔炼】 smelting 火法冶金的一个重要过程。将矿石(或精矿、焙砂、烧结矿、球团矿等)与熔剂、还原剂等一起在熔炼炉中高温熔融,使之发生一系列物理化学变化而形成粗金属或锍,脉石则与熔剂生成炉渣;与此同时逸出炉气和烟尘。粗金属(或锍)与炉渣呈液相按密度在炉内分层,分别放出,即可使金属或金属化合物与脉石分开,从而达到提炼金属的目的。按熔炼时化学反应的特点,可分为还原熔炼、造锍熔炼、氧化熔炼、氯化熔炼等。根据熔炼的设备,又分喜风炉熔炼、反射炉熔炼和电炉熔炼。为强化冶金过程,还有漩涡熔炼、闪速熔炼以及为了除去金属中的杂质而采用的区域熔炼等新的熔炼方法。

【吹炼】 melting by blowing 火法冶金的一个重要过程。指在转炉中所进行的氧化熔炼。吹炼时,向熔融的锍或粗金属鼓入空气、工业纯氧或其他氧化性气体,使杂质氧化成气体(如二氧化硫、一氧化碳)逸出,或成为氧化物(如氧化铁、二氧化硅)造渣,以获得较纯的金属或高锍(如白冰铜)。吹炼广泛用于钢和铜、镍的冶炼。

【精炼】 refining 从粗金属或合金中进一步除去杂质的提纯过程。通过精炼,不仅可获得纯金属,而且还能综合回收粗金属中的贵金属和稀有金属。精炼的方法可分火法精炼、湿法精炼和电解精炼三类,按金属种类、杂质情况及对金属纯度的要求,可单独或结合使用。根据金属和杂质的不同特性,火法精炼又有加入添加剂、熔析、精馏等方法,主要用于有色重金属和某些有色轻金属的提纯。湿法精炼是基于金属及杂质在溶液中的不同溶解度,以水解作用或置换沉淀从溶液中析出金属的精炼方法,一般用于有色金属的精炼。电解精炼,即可溶性阳极电解,主要用于有色重金属的提纯。

【收尘】 dust-collecting, dust-recovery 在选矿、冶金和化工作业中,收集悬浮于空气或炉气中的尘粒,称收尘。如收集某些冶金过程(焙烧、烧结、熔炼、吹炼、蒸馏等)产出的大量烟尘,既可改善劳动条件,防止污染,又能综合回收其中的各种有用组分,使原料得到充分的合理利用。根据工作原理,收尘的方法可分为重力收尘、旋风收尘(离心收尘)、湿法收尘、电气收尘(静电收尘)、超声波收尘和布袋收尘等。为提高收尘效果,常是几种方法联合使用。

【锍】 matte 有色金属冶炼过程中产出的各种金属硫化物的互熔体。如熔炼硫化铜矿石所得到的中间产品,其主要成分为硫化铜和硫化铁,这种硫化铜和硫化铁的互熔体叫做铜锍,习称**冰铜**。熔炼硫化镍矿石时,其中间产品是镍锍(若含有铜时则称为铜镍锍),再经过吹炼得到镍高锍。其他如铅锍、铜铅锍等,均系有色金属冶炼过程的中间产品。

【碱度】 alkalinity, basicity 矿石或炉渣中碱性氧化物与酸性氧化物含量之比值。一般常用 $w(CaO)/w(SiO_2)$ 之比值表示。当 Al_2O_3 (>7%)及 MgO(>5%)含量较高时,就用 $w(CaO+MgO)/w(SiO_2+Al_2O_3)$ 之比值表示。矿石的碱度小于0.5的,称酸性矿石;碱度在0.5~0.8之间的,称偏酸性矿石,又称为半自熔性矿石;碱度在0.8~1.2之间的,称中性矿石,又称自熔性矿石;碱度大于1.2的,称碱性矿石。炉渣碱度的划分亦然,但无半自溶性渣或自溶性渣之称。炉渣的成分,特别是炉渣碱度的调整控制,直接关系到炉渣的熔点、黏度及金属中的有害杂质含

量和金属的冶炼回收率。所以，必须结合原料的条件和经济效果，对酸性矿石加入一定数量的碱性熔剂，对碱性矿石加入一定量的酸性熔剂，以调整控制炉渣的碱度在一定范围之内。

【熔剂】 flux 在火法冶金过程中，加入炉料中的造渣原料。它与炉料中的杂质（如矿石中的脉石成分和燃料中的灰分等）结合成具有一定物理化学性质（如碱度、黏度、熔点、相对密度等）的炉渣而与金属分离，以达到熔炼或精炼的目的。这种造渣原料，称为熔剂。按其化学性质，可分为三类：①碱性熔剂，在含酸性脉石的矿石冶炼时使用，常用石灰石和白云石；②酸性熔剂，在冶炼含碱性脉石的矿石时，个别情况下使用，有硅石、均热炉渣以及含酸性脉石的矿石等；③中性熔剂，当矿石脉石与焦炭中含 Al_2O_3 很少，炉渣中 Al_2O_3 低，流动性很不好时使用。含 Al_2O_3 高的中性熔剂有铝矾土、粘土页岩等，但前者是宝贵的炼铝原料，而后者含 SiO_2 甚高，故只有在矿石品位很富、渣中 Al_2O_3 含量很低时才使用。

【还原剂】 reductant, reduction agent 在化学反应中能使其他物质获取电子，由高价变低价，而其本身则失去电子，由低价变高价的物质，称还原剂。在火法冶金中，还原剂一般是指能夺取矿石中的氧，而使所提炼的金属被还原出来的物质，如在熔炼时，焦炭中的碳能夺取铁矿石中的氧而还原出金属铁，碳便是还原剂。冶金过程中常用的还原剂有焦炭、无烟煤、碳粉、一氧化碳、氢气、天然气、金属铝、硅等。

【耐火材料】 refractory, material 熔点高于或等于 1580℃的材料，能满足高温条件下使用要求的无机非金属材料。用于各种炉子的砌筑。按耐火度，其成品分为普通耐火材料（1580～1700℃）、高级耐火材料（1700～2000℃）、特级耐火材料（耐火度为 2000℃以上）；按外形尺寸，分为标准型砖、普型砖、异型砖、特型砖和超特型砖；按用途（仅就钢铁系统而言），分为高炉砖、热风炉砖、平炉顶砖和电炉顶砖、浇钢砖或铸锭用砖、焦炉砖。在钢铁工业的炉子设备中常用的是粘土砖、高铝砖、硅砖、白云石砖和碳砖等。此外，还有耐火混凝土、高温陶瓷材料、金属陶瓷材料等多种新型或特种耐火材料。衡量耐火材料的主要工作性质指标有耐火度、高温荷重软化点、热稳定性、高温体积稳定性和抗渣性等。

【矿比】 ore ratio 在冶炼过程中，每生产一吨金属所消耗的矿石数量（吨）。

$$\text{矿比} = \frac{\text{矿石总消耗量（吨）}}{\text{实际金属总产量（吨）}}$$

矿比愈低，冶炼单位金属消耗的矿石量愈少。同一矿石在冶炼过程中，矿比愈低，则金属回收率越高。

【单耗】 unit consumption 又称**单消**。单位产品消耗物料量的简称。对 1 吨产品而言，每种物料的消耗量，称为此物料的单耗。如电炉法每冶炼 1 吨标准碳素锰铁消耗了锰矿石（Mn30%～35%）2.5～3.0 吨、消耗电能 3000～400 千瓦·时，即锰矿的单耗为 2.5～3.0 吨，电能单耗 3000～400 千瓦·时。单耗直接影响产品的成本，因此在金属、合金等产品的生产过程中，应力求减少单耗，以降低产品成本。

【冶炼回收率】 smelting recovery, fusible recovery 在整个冶炼过程中，指最后所得产品中的金属质量占原料中此种金属质量的百分比。它反映生产技术水平和对资源的利用情况，是冶炼过程的一项重要技术经济指标。

【炼焦】 coking 利用烟煤，并适当地配以其他煤，在炼焦炉的炭化室中隔绝空气，由燃烧室加热，排出并回收其中的挥发物，以制造冶金焦炭的高温干馏过程。焦炭供给冶炼过程绝大部分热能，同时也是主要的还原剂。其质量决定于化学性质及成分（挥发分、水分、灰分及硫磷的含量）和机械强度。

【焦比】 coke ratio, coke expense ratio 反映高炉炼铁原料、燃料、设备和技术操作水平的重要技术经济指标。

$$\text{焦比} = \frac{\text{每昼夜的焦炭消耗量（吨）}}{\text{每昼夜的生铁产量（吨）}}$$

或平均每炼一吨生铁所消耗的焦炭量，用千克表示。一般大中型高炉的焦比为 0.6～0.8 之间（或 600～800 千克之间）。世界先进水平焦比已接近 400 千克，个别为 350 千克。降低焦比，即可使每批炉料中的矿石相对增多，焦炭相对减少，就能多出铁，降低炼铁成本。降低焦比的主要措施有吃精料、提高风温（世界先进水平风温达 1370℃）、采用综合鼓风（喷吹煤粉、重油或天然气加富氧）、增加高炉有效容积和提高技术水平等。

【高炉利用系数】 utilization factor of blast furnace 又称**高炉有效容积利用系数**。高炉在一昼夜内生产出的炼钢生铁量（吨）与高炉有效容积（立方米）之比值。即

$$\text{高炉利用系数} = \frac{\text{一昼夜炼钢生铁量（吨）}}{\text{高炉有效容积（米}^3\text{）}}$$

炼其他的生铁时，由于焦炭消耗多而引起产量降低，在计算高炉利用系数时，应按一定的换算系数（实际产量乘以此系数）换算成炼钢生铁的条件。一般铸造生铁的换算系数为 1.15，镜铁为 1.50，硅铁 2.00，锰铁根据锰矿品位不同而为 2.5～3.5。高炉利用系数是衡量高炉生产效率的一项重要技术经济指标，它反映高炉的原料和燃料质量的好坏，设备、技术操作和科学管理水平的高低。世界先进水平的高炉利用系数为 3.0，个别达 3.0 以上。

【海绵铁】 sponge iron 在回转窑、竖炉或其他反应器内，用煤、焦炭，天然气或氢气，使铁矿石或铁精矿球团在低于物料熔化温度的条件下进行低温还原，变成多孔状的产物。其中被还原出来的铁呈细小铁核，形如海锦，故称。海绵铁经冷却、破碎、磁选，可除去脉石或其他杂质（金属铁占全铁 90%以上者，可直接用于炼钢；90%以下的，用于高炉或电炉炼铁）。

【粒铁】 granular iron, shot iron 将铁矿石加熔剂，在回转窑或其他反应器内，用无烟煤粉、焦屑、天然气或氢气在较高温度下进行还原，使之成为半熔融状的产物。其中被还原出来的铁呈珠状，称粒铁。粒铁经冷却、破碎、磁选，可除去脉石或其他杂质。含硫量较低的粒铁可直接用于炼钢；含硫量较高者一般作为高炉炉料。

【生铁】 pig, pig iron 含碳量不少于 1.7%（一般为 3.0%～4.0%）的铁碳合金（还含有少量的硅、锰、硫、磷等其他元素）。生铁硬而脆，不能锻压。高炉生铁分炼钢生铁（占总产量的 80%～90%）、铸造生铁（占总产量的 10%左右）、特种生铁等三大类；而特种生铁又分为合金生铁和高炉铁合金等两类。炼钢生铁又称**白口铁**（white pigiron），一般含硅量在 0.6%～1.75%之间，是平炉、转炉炼钢的主要原料。铸造生铁又称**灰口铁**（gray pig iron），含硅量一般大于 1.75%，用于铸造各种生铁铸件。合金生铁是利用铁矿中共生的有益元素炼成含有少量铬、镍、钒、铜等成分的生铁，这种生铁既可炼钢，也可用于铸造。在炼铁的同时，加入其他成分（如锰等），炼成含大量合金元素的铁，叫高炉铁合金，主要供炼钢时作合金元素加入剂、或钢的脱氧剂。

【合金】 alloy 采用熔化及其他方法，以一种金属作基体，将两种以上金属或非金属熔合成既具有基体金属通性，又具有某些特殊性能的物质，称合金。由于合金具有优于单一金属的特殊性能，在工业利用上甚为重要。按基体金属，合金分为铁合金、铝合金、镍合金等；按生产方法，分铸造合金与变形合金；按组成合金元素的数目，又分为二元合金、三元合金和多元合金。

一般合金组分的总含量小于2.5%者为低合金，含量在2.5%～10%者为中合金；含量大于10%者为高合金。因合金的机械、物理和化学性能往往远优于纯金属，因此所有工业上应用的金属材料，一般都是合金。

【合金钢】 steel alloy 以铁为基体，含有一种或多种适量的合金元素，使之具有较好的或特殊性能的钢。常用的合金元素有：锰、硅、铬、镍、钨、钼、钒、钛、硼等。合金元素的总含量小于5%者为低合金钢，含量在5%～10%者为中合金钢，含量大于10%者为高合金钢。按主要合金元素的种类，分二元合金钢、三元合金钢及多元合金钢。按合金成分，又分锰钢、硼钢、铬钢、硅锰钢、铬镍钢、铬钼钢、铬锰钼钢、铬钼钨钒钢等，按硫、磷含量，分为质量钢（硫、磷各不超过0.040%）、高级质量钢（硫不超过0.030%，磷不超过0.035%）、特级质量钢（硫、磷各不超过0.025%）。按用途可分：合金结构钢、合金工具钢和具有特殊性能的特种合金钢，如不锈钢、耐热钢等。

【碳素钢】 carbon steel 又称**碳钢**。含碳量小于2%的铁碳合金的总称。除铁、碳外，其他成分有硅、锰、硫、磷等四种元素。其中，含碳量小于0.25%的为低碳钢，含碳量在0.25%～0.60%之间的为中碳钢，含碳量大于0.60%而小于2%的为高碳钢。含碳量小于0.04%的钢称工业纯铁，是电器、电信和电工仪表用的磁性材料。按硫、磷含量，碳素钢又分为普通碳素钢和优质碳素结构钢：普通碳素钢主要作一般的建筑材料，如工字钢，槽钢、角钢和钢筋等；优质碳素结构钢主要用作机械零件和工具、弹簧等，其产量较大、价格便宜、用途广泛，凡机械产品的各种大小结构部件都普遍应用。

【普通低合金钢】 common low alloy steel 在普通低碳素钢的基础上，加入少量（一般总量不超过3%）合金元素（如硅、钒、钛、铌、硼、稀土等）炼制的合金钢。其强度和综合性能获得明显改善，有时还可使钢具有某些特殊性能，用以代替普通碳素钢，可大大节约钢材。按特点和用途，大致分为结构钢、耐腐蚀钢、低温用钢、耐磨钢、钢筋、钢轨和其他专用钢等七类。按钢中的主要合金元素，可分为锰系、锰-钒系、锰-铌系、锰-钛系、硅-钛系、硅-钒系、钒系、含铝钢系、含磷钢系、多元钢系等。

【炉渣】 slag 又称**熔渣**。火法冶金过程中浮在金属液相上面的熔现物。由矿石或精矿中的脉石成分、锍或粗金属中的杂质、燃料中的灰分以及熔剂等组成。通过控制炉渣的组成，可以保证炼制的金属、粗金属达到预期的质量和较高的回收率及产量。按生产方式，炉渣有熔炼渣、精炼渣等。按炉渣的性质（碱度），可分碱性渣、酸性渣和中性渣。炉渣可作水泥原料，转炉或平炉高磷渣可作磷肥；有的炉渣中含有许多有用组分，是提取某些有色金属和稀有金属的重要原料。

【钢渣磷肥】 steel slag phosphorus fertilizer 又称**矿渣磷肥**（slag phosphorus fertilizer）、**托马斯磷肥**（Thomas phosphorus fertilizer）。用含磷生铁作原料，在碱性转炉炼钢时产出的碱性熔渣，经破碎、细磨而获得的灰黑色粉末状磷肥。其主要成分是磷酸四钙（$Ca_4P_2O_5$）和硅酸钙，并含有镁、锰、铁及其他多种微量元素。其中五氧化二磷（P_2O_5）含量约为12%～18%，是一种枸溶性磷肥。具有不吸湿、不结块等特点，适用于酸性土壤中作基肥。

【湿法浸出】 leaching of hydrometallurgy, lixiviating of hydrometallurgy 湿法冶金的一个重要过程。是将矿石、精矿、焙砂或其他物料浸入选定的溶剂中，利用各种组分在溶剂中的不同溶解度，使之在一定的条件下，将所要提取的易溶金属或杂质溶解进入溶液的过程。如湿法炼锌的浸出过程，即采用稀硫酸溶液或锌电解废液作溶剂，对锌焙砂进行溶解，使焙砂中的锌溶于硫酸溶液中。浸出一般在常压、常温或沸点下进行，但为了强化浸出过程，也常用高温、高压浸出。浸出在化学工业中也广泛应用。

【湿法净化】 purification of hydrometallurgy 湿法冶金中的净化，是指从溶有所要提取的金属或化合物的溶液里除去杂质的过程。在浸出过程中，除所要提取的金属进入溶液外，还有一些杂质也随着进入溶液，这些杂质对欲提取的金属极为有害，因此在提取金属或其他化合物之前，必须通过净化将溶液中的杂质先行除去。

【湿法沉积】 sedimentation of hydrometallurgy, deposition of hydrometallurgy 湿法冶金的一个重要过程。指从溶有所要提取的金属，并已除去杂质的溶液中析出金属或金属化合物的过程。应用最广泛的是置换法和电积法：置换法是将一种选定的金属加入到溶液中，使被提取的金属从溶液中置出来，加入的金属则进入溶液。如在硫酸铜溶液中加入铁屑（粉），铜便以固体状态析出，而铁则溶解于溶液中；电积法即电解沉积，是用不溶性阳极使电解质中欲提取的金属在阴极上析出。

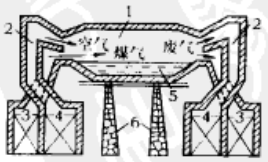
【电解】 electrolysis 直流电通过电解质溶液或熔融电解质时所发生的电化学过程。通电时，电解质或熔体中的阳离子移向阴极起还原作用，阴离子移向阳极起氧化作用，同时在两电极及其旁边产生新的物质，并以中性原子或化合物的形式析出。冶金工业中，电解广泛被用于提取或精炼金属。根据电解质的不同，分水溶液电解、熔盐电解和汞齐电解三种：水溶解电解多用于铜、铅、金、银等有色金属的精炼，熔盐电解多用于提取铝、镁、铍等轻金属，汞齐电解多用于提取稀有金属。电解在化学工业中也有重要用途。

【电流效率】 current efficieney 电解作业实际析出的金属量与理论金属沉积量之比。如通过的电流按理论计算每小时应沉积锌100千克，但实际每小时只析出锌94千克，则此电解作业的电流效率为94%。电流效率是电解作业中的一项重要的技术经济指标，其影响因素很多，如电解液的温度和循环量，电解液中所要提取的金属、酸及杂质的含量，电流密度，析出周期和添加剂使用情况，极板表面状况，导电状况和是否漏电等。

【阳极泥】 anode mud, anode slime 粗金属在溶液中电解精炼时，沉淀于电解槽底的由阳极粗金属中不溶于电解液的金属和杂质所组成的泥状细料物质，称为阳极泥。其中往往含有许多有价值的金属可综合回收，如从电解精炼铜的阳极泥中可回收金、银、硒、碲等。

【回转窑】 rotary kiln 对物料进行烘干、焙烧或烧结用的设备。一种连续生产的卧式旋转窑炉。窑身是内衬耐火材料的圆筒，以2%～6%的倾斜度支持于数对托轮上，由马达经齿轮减速系统传动，使之以一定速度缓慢旋转。粉煤、气体或液体燃料由低的一端与空气一道喷入燃烧，炉料由另一端循相反方向连续而缓慢移动，逐步烧成排出。回转窑生产能力可大可小、温度可高可低、适应范围广、机械化程度较高，可实现自动控制，广泛用于冶金、化工、建筑材料和耐火材料等工业部门。

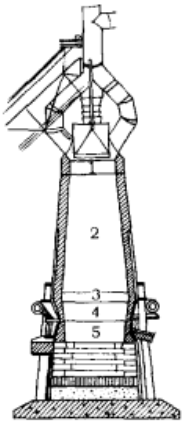
【平炉】 open-hearth furnace 又称**马丁炉**（Martin furnace）。一种主要的炼钢设备，由耐火材料砌成。主要部分有炉膛、炉头、空气蓄热室、煤气蓄热室等（见图）。炉膛的前墙有三到五个加料的炉门，后墙在炉底处有出钢口。平炉炼钢的金属原料由生铁块、铁液和废钢以不同的比例组成，所用的燃料有发生炉煤



平炉示意图
1.炉膛；2.炉头；3.煤气蓄热室；4.空气蓄热室；5.钢水；6.炉墩

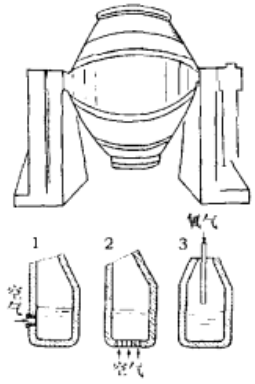
气、高炉焦炉混合煤气、天然气和重油等。平炉炼钢的优点是原料范围广、能炼的钢种多、冶金过程易控制、机械化程度较高。缺点是炉体笨重、设备复杂、基建投资大、热效率低、熔炼时间长。按所用的耐火材料，平炉分碱性平炉和酸性平炉；按炉膛能否前后倾动，分固定式和可倾式两种。平炉已向大容量发展，并采用氧气炼钢等新技术。但平炉与转炉和电炉相比，已显落后，有些国家现已逐渐以转炉取代平炉。

【高炉】 blast furnace 将铁矿石炼制成生铁所用的竖炉。由炉喉、炉身、炉腰、炉缸五部分组成（见图）。炉壳用钢板制成，里面用耐火材料砌筑内衬。现代高炉还有一些不可缺少的辅助设备，如上料、送风、除尘、出渣和铁的处理系统等。高炉的大小一般以有效容积表示：小型高炉从几立方米到几十立方米，大型高炉可达数千立方米。世界先进水平高炉有效容积现已超过 5000 立方米。生铁大部分由高炉生产，但需用优质块状原料。高炉还用于锰铁、硅铁以及有色金属和钙镁磷肥的生产。



高炉
1.炉喉；2.炉身；3.炉腰；4.炉腹；5.炉缸

【转炉】 converter 利用鼓入空气（或氧气），氧化液态金属中的元素达到规定的限度，并产生所需热能的炼钢和熔炼有色金属的可转动的冶金炉。炉形有梨形、直筒形和鼓形几种。其外层是钢壳，炉膛用耐火材料砌成。炉体两旁各有耳轴一个，以便将炉体支架在轴承上可以转动。按鼓入空气或氧气的方式，分为底吹式、侧吹式和顶吹式转炉（见图）；按使用的耐火材料，分为酸性和碱性转炉。一般转炉炼钢的优点是简单、成本低、生产率高；缺点是金属吹损较大，钢的质量较差。现已采用富氧、纯氧加二氧化碳或水蒸气等措施，并发展为纯氧顶吹或旋转式转炉。对转炉吹炼改进很大，已发展有顶底吹、侧底吹等高效的复合式转炉。炼钢品种多，质量好，与平炉相比，转炉有很大的优越性，是炼钢技术发展的主要方向。

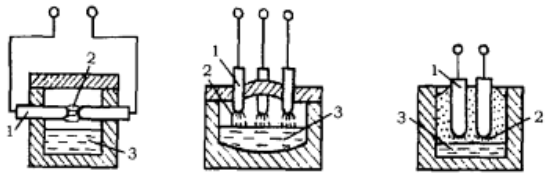


几种炼钢转炉示意图
1.侧吹转炉；2.底吹转炉；3.氧气顶吹转炉

【反射炉】 reverberatory furnace 又称**火焰反射炉**（flame reverberatory furnace）。一种通过火焰直接加热物料，以熔炼金属的冶金炉。由燃烧室、熔炼室和排气烟道（烟囱）三个主要部分组成。整个炉膛就是一个用耐火材料衬里的长方形熔炼室。反射炉结构简单、投资小、使用的燃料种类较广（如煤、煤气、重油等），是铜、镍、锡等有色金属的重要熔炼设备，被广泛用于处理矿石和精矿，尤其是处理细粒度的粉料；还可熔炼铁合金及用于金属的火法精炼。但由于火焰直接与金属接触，金属的氧化损失大。反射炉在冶金、化工等领域常用作焙烧设备。

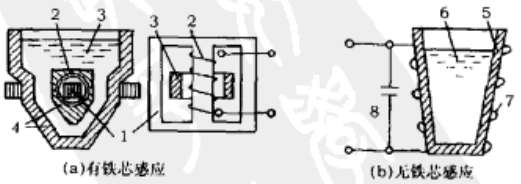
【电阻炉】 electric resistance furnace, electric furnace of resistance type 利用电流通过发热元件或被加热物料所产生的热量而进行加热和熔炼的炉子。一般由炉衬（包括耐火材料和保温材料）、炉壳和发热器三部分组成。按其加热方式，可分为直接加热电阻炉和间接加热电阻炉：前者由电流直接通过被加热物料而产生热量，后者由电流通过炉内发热元件所生产的热量来加热物料，较常用的是间接加热电阻炉。在冶金、化工和其他工业中，电阻炉被广泛用于熔炼、烧结、焙烧、干燥和热处理等方面。冶金工业中，主要用于熔炼稀有金属、有色轻金属及其合金，也用作金属的热处理。

【电弧炉】 electric arc furnace, arc furnace 利用电流在电极与电极间或电极与金属间引起电弧所产生的热量来加热或冶炼金属的电热冶金炉。按电弧的配置，可分为间接电弧炉、直接电弧炉和封闭电弧炉（见图）。间接电弧炉是一种单相电弧炉，电弧产生在距物料一定距离的两根电极之间，热能以辐射方式传给物料，主要用于钢及铜合金和其他有色金属的冶炼；直接电弧炉为垂直悬挂的三相电极，电极与炉料之间起弧，电流通过物料直接加热，主要用于炼钢；封闭电弧炉又称矿热炉或电阻电弧炉，有单相和三相两种，电极埋在炉料中，电弧也在炉料内发生，主要用于熔炼合金。



电弧炉示意图
1.电极；2.电弧；3.物料（炉料）

【感应电炉】 induction furnace 利用电磁感应产生的热能熔炼金属的设备。分有铁芯感应电炉和无铁芯感应电炉两类。前者又称低频感应电炉（小于 50 赫），其感应圈中置有铁芯，圈外环绕装物料的耐火熔沟（见图 a）。当感应圈通以普通频率的交变电流时，圈外物料即感应出很大电流并产生足够热量使物料熔化，常用于熔炼钢合金及其他轻金属；无铁芯感应炉可分为低频（等于 50 赫）、中频（大于 50 赫，而小于或等于 1 万赫）和高频（大于 1 万赫）三种。其炉体部分为坩埚及环绕坩埚外部的钢管螺旋形感应圈（见图 b），还有中频发电机或电子管式高频发生器，它们通电时，坩埚内的物料即产生感应电流发出热能而被熔化。它用于贵金属、稀有金属和有色重金属合金的熔炼。感应电炉的特点是热效率高、无电极存在，可冶炼含碳量和含气量低的钢及其他金属或合金。熔炼中由于电磁搅拌作用，可以加速炉内反应，促进非金属杂质上浮，使物料组分挥发损失少、回收率高。附有真空抽气泵的，可以在真空条件下进行熔炼的感应电炉，称**真空感应炉**。



1.铁芯；2.一次线圈；3.金属料（二次短路线圈）；4.耐火材料；5.坩埚；6.金属料；7.感应圈；8.电容器